雙 月 刊

核能簡訊

NUCLEAR NEWSLETTER

NO.151 2014 DECEMBER

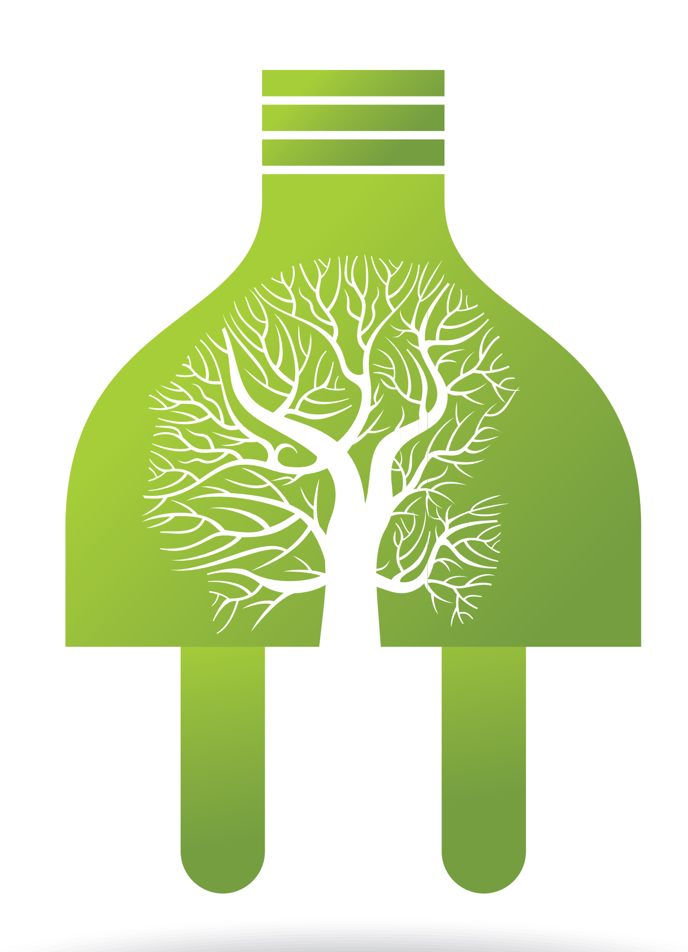
北部大缺電的解決方案──情境分析

乾式貯存室內比露天安全嗎？

日本川內核電廠獲地方政府同意可重新啟動

美國核管會通過的廢棄物管理法遭到質疑

捷克開始進行最終處置場場址的研究



請問，未來的電哪裡來？

103年全國能源會議 集思廣益

核能簡訊 NUCLEAR NEWSLETTER

NO.151 雙月刊

DECEMBER中華民國一〇三年十二月號

熱門話題

核能問與答

專題報導

特別報導

讀者論壇

核能脈動

核能新聞

出版單位：財團法人核能資訊中心
地　　址：新竹市光復路二段一〇一號研發大樓208室
電　　話：（03）571-1808
傳　　真：（03）572-5461
網　　址：http://www.nicenter.org.tw
E-mail：nicenter@nicenter.org.tw
發 行 人：朱鐵吉
編輯委員：李四海、李清山、汪曉康、陳布燦、陳條宗、劉仁賢、謝牧謙、簡福添（依筆畫順序）
主　　編：朱鐵吉
文　　編：鍾玉娟、翁明琪、林庭安
執　　編：羅德禎
設計排版：長榮國際　文化事業本部
地　　址：台北市民生東路二段166號6樓
電　　話：02-2500-1175
製版印刷：長榮國際股份有限公司　印刷廠

編者的話

全球100多國政府代表和頂尖科學家10月27日至31日在哥本哈根集會討論，聯合國氣候變遷小組於11月2日發表總結的報告：各國如果要達到2009年的預定規劃，把氣溫升高限制在攝氏2度以內的目標，就必須減少碳排放。並且，在2050年以前，絕大部分的電必須透過低碳的方式產生；若想把時間拉長，必須採取碳捕捉和封存技術，否則以化石燃料為基礎的發電，將在2100年以前面臨全面淘汰的危機。聯合國也希望能在2015年結束前，針對遏止氣候變遷簽訂新的全球性公約。全球氣候異常的情況加劇，愈來愈詭譎難料的天氣變異，在在顯示出人類對環境的破壞已經接近臨界點，若各國再不即時採取對應措施，未來將面對更嚴峻的生存威脅。

我國為因應國內外政經能源情勢及核四封存後可能面臨的能源問題，預計將於104年1月召開第4次全國能源會議。從前階段公布會議目的與議題、徵求議題相關背景資訊與佐證資料，現階段將徵求蒐集的資料交付專家審查、討論、檢視其可信度與完整度，至最後階段的討論；之後將再分階段進行「分區會議」與「團體諮詢會議」，最後再舉行「團體大會」。一個階段接著一個階段的設計與安排，可看出此次會議備受重視，以及舉辦單位的用心。期望經過此次會議的討論，能共同研商出電力穩定供應的因應策略與作法，總結出對我國未來無論民生需求、工業發展與環境保護都最適用的能源方案。

上期，本刊編輯室對「潘朵拉的承諾」紀錄片做了簡易的導覽；本期，清華大學工程與系統科學系大四學生張濬麟以其獨到的見解，與讀者們分享「潘朵拉的承諾」的觀後感。他文內的一段話，深深撼動了我：「並不是每個人對各種風險的威脅認知都相同，這不代表他們不理性，只是每個人對於威脅的主觀判定不同。主觀判定一部分來自於對客觀事實的瞭解，但很大一部分是對客觀事實的信任。」我想，「信任」二字確實是目前政府各單位最需努力從民眾身上獲得的。

103 年全國能源會議　集思廣益

請問，未來的電哪裡來？

文・編輯室

背景

行政院在102年2月25日宣布核四交付公投，全國對於核四議題的討論方興未艾，直到103年4月22日起林義雄先生禁食，要求政府停建核四，核四議題再度成為全民關注的焦點。

執政黨在103年4月24日立法院黨團大會做成決議：「核四完工，通過安檢後，不放置燃料棒、不運轉。日後核四是否運轉，必須經公投決定。」103年4月27日馬總統召開執政縣市首長會議，達成2點共識：第1，核四1號機不施工、只安檢，安檢後封存；核四2號機全部停工；第2，儘速召開全國能源會議，以確保未來供電無虞。

行政院在103年4月28日召開國際記者會，完整說明前述黨團大會及執政縣市首長會議的決議及行政院的後續作法，並責成經濟部儘速召開全國能源會議，針對核四安檢後封存的新狀態，廣邀社會各界討論能源供應方案及因應對策，讓大家共同來理性面對能源政策的相關問題。除了國人要加強節能減碳及省電措施外，在整體能源的種類選擇及開發時程方面，一定要有負責任、務實的規劃。行政院表示，



希望透過全國能源會議，凝聚國人共識，對於台灣未來應如何兼顧穩定供電及保護環境提出最佳方案。

歷次全國能源會議的重點

民國87年迄今，政府已分別在87、94及98年召開過3次全國能源會議，103年所召開的是第4次。

回顧過去3次全國能源會議：第1次主要在因應《京都議定書（Kyoto Protocol）》簽署後，國際減碳趨勢的

挑戰。第2次的主軸仍為減碳，但提出「非核家園」願景。在第3次全國能源會議中，節能減碳議題依然是會議主軸，各項能源策略有較均衡的討論。

第2次全國能源會議對其後20年的配比中，再生能源、天然氣和燃煤占發電量的比率，分別由第1次全國能源會議的3.3%、16%及28%，增加為6.0%、17.5%及43%，但同時大幅降低核能比重，由原先15%降為4.0%。第3次全國能源會議，則要將低碳能源，包括再生能源、天然氣及核能，占發電量的比重由2008年的40%增加至2025年的55%以上，且首次明訂減碳期程，即2020年時回到2005年的排放水準，2025年時回到2000年的排放水準，2050年則要達到2000年排放量的一半。

全國能源會議的型式

過去的全國能源會議，雖然希望增加全民參與的程度，但實際運作上仍有其限制。以98年第3次全國能源會議為例，是由指導委員會議、分區會議、預備會議、分組會議、跨組聯席會議及全體大會等各級會議來凝聚共識，一般民眾主要是在分區會議完整表達自身想法。

核四議題紛紛擾擾多年，即便行政院於102年2月宣布，願意正面接受核四停建公投的檢驗，許多反對者仍希望核四直接停建。核四是國家重大建設計畫，已於103年7月25日通過嚴謹的強化安全檢測工作，可確保未來的安全運轉。若現階段決定停建，經過多方專家的分析，台灣必須承受重大投資損失、高電價、限電危機，甚至犧牲經濟成長並放棄低碳家園的理想。然而，許多反核人士對此代價並不認同，因此，唯有透過更加公開、多元及擴大民眾參與等方式，才能讓核四停建與否的代價愈來愈清晰。

依據經濟部能源局於103年6月進行的「能源認知電訪調查」結果，高達8成的受訪者不清楚台灣98%能源需仰賴進口，不到2成的受訪者知道太陽能平均一天可以發電的時間不到5小時，顯示全民對於能源的認知存有極大差距。此外，有8成受訪者表示對能源議題非常關心，但對各種能源的面向、成本、排碳及電力特性等認知不足或認知分歧，也對不同來源資訊的信任度低。如果直接就能源議題進行對話及討論，不但彼此的對話基礎不足，全民恐怕也不容易做出適當正確的選擇。

103年全國能源會議各階段介紹

由前述的背景可知，本次全國能源會議在於凝聚共識，因此必須思考在專家意見之外，如何突破過往僅利用北、中、南、東等分區座談會蒐集民眾意見的方式及管道。

另一方面，全國能源會議是由核四議題而起，近年來核能及核四議題在媒體版面上充斥各式各樣的言論，其中有大部分報導經過查證之後，並無科學佐證及根據。如果國家能源政策的制定，沒有堅實的科學論證，所帶來的影響將非常長遠且廣泛。為兼顧廣徵民眾意見及科學事實，經濟部能源局特規劃各議題的各面向客觀背景資訊釐清後，以有利於後續會議因應

策略的聚焦討論。

依據經濟部能源局公布資料，本次全國能源會議共分為「公開」、「徵求」、「釐清」及「討論」4個階段。

「公開」階段

全國能源會議於103年9月11日開跑，經濟部於當日說明會議目的、主題、討論議題及進行方式。

會議將在「專業釐清、深度參與、多元發聲」的原則下，討論因應未來國內外政經能源情勢，及核四封存後可能面臨能源供應的問題，並且共同研商我國未來電力穩定供應的短中長期因應策略與作法。

本次會議主題訂為「未來電力哪裡來？」，聚焦討論目前約占我國能源使用量48%的電力，至於其他初級能源部分，則不納入本次會議討論範圍。

在會議主題之下，設定「需求有效節流」、「供給穩定開源」及「環境低碳永續」等3大核心議題範疇，從需求面、供給面及環境面等3面向來討論未來電力供需的因應策略。

在這3大核心議題之下，共有7項子議題。

在「需求有效節流」核心議題下，主要討論的子議題有2項：「未來能不能限制民生用電不增加？」、「如何能發展產業，又能抑制用電不成長？」。

在「供給穩定開源」核心議題下，主要討論的子議題有3項：「台灣再生能源到底還可以再增加多少？」、「燃煤、燃

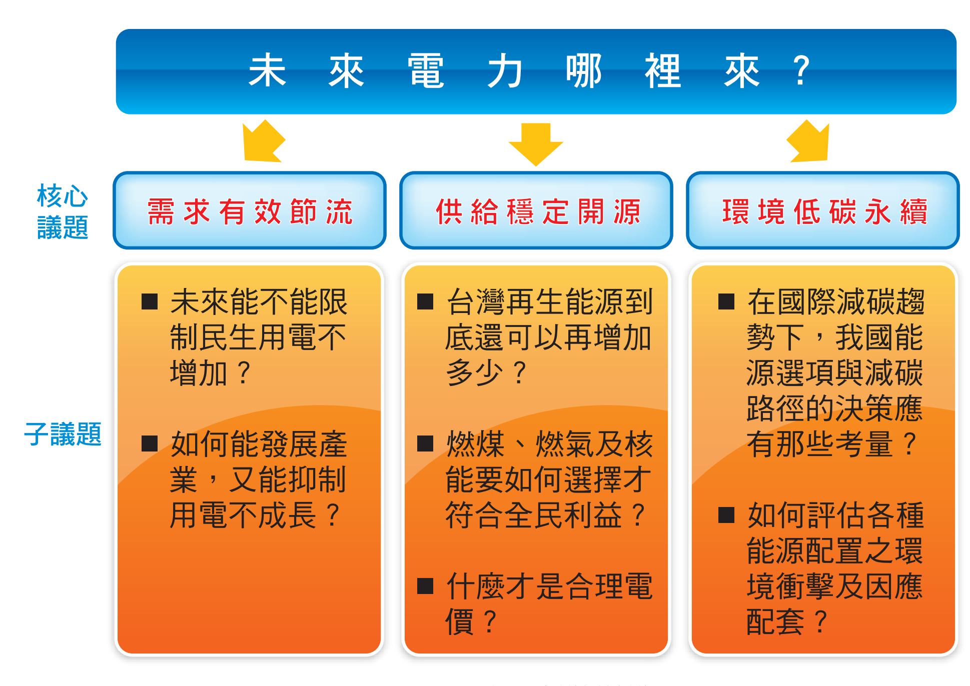


圖 1、全國能源會議討論議題

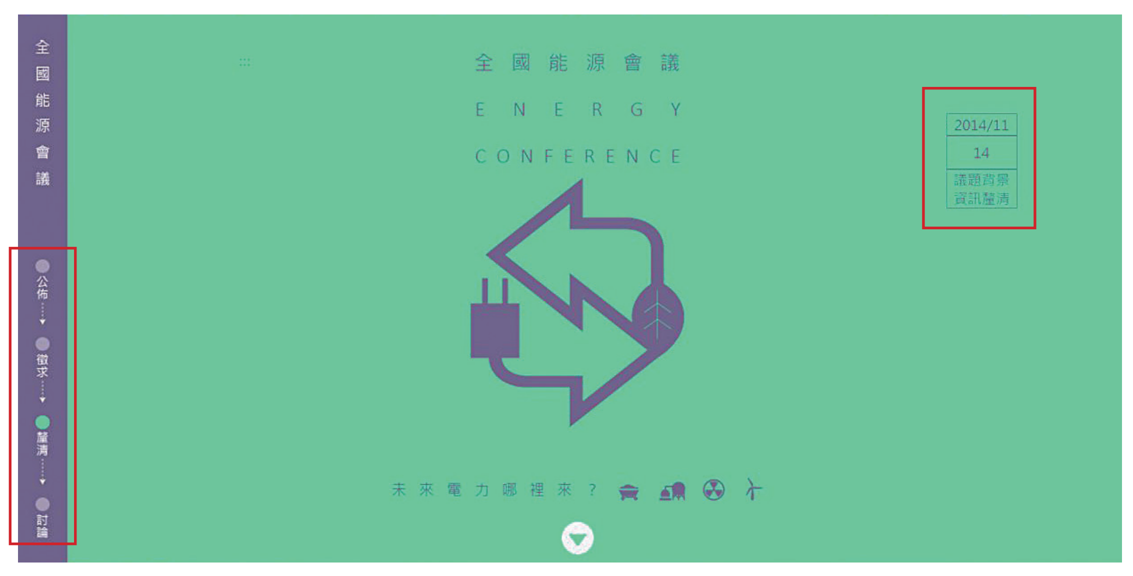


圖 2、全國能源會議網站首頁（頁面左側清楚標示四大階段；右側則為當日日期及所處的階段）

氣及核能要如何選擇才符合全民利益？」、「什麼才是合理電價？」。

在「環境低碳永續」核心議題下，主要討論的子議題有2項，分別為「在國際減碳趨勢下，我國能源選項與減碳路徑的決策應有哪些考量？」、「如何評估各種能源配置的環境衝擊及因應配套？」。

「徵求」階段

經濟部能源局於103年9月11日將政府所提供的687則能源背景資訊公布於會議專屬網站（網址：http://2014energy.tw或http://103年全國能源會議.tw），並於9月11日至10月9日，以1個月時間公開徵求討論議題的能源背景資訊。

任何人都可針對會議討論的相關子議題，先摒除價值判斷，以及主觀認知、喜好原則下，提供基於科學論述，具有佐證資料或經過合理邏輯推估的背景資訊，以作為後續會議討論因應策略的共同參考基礎。

前述的佐證資料來源，全國能源會議規定應符合下列條件之一；若屬個人言論或採訪報導不屬於佐證資料：

- ●國內外研究機構或法人組織章程中執掌事項具有研究任務者的出版品、專利。
- ●國內外政府部門（含機關與國營事業）統計、調查、研究分析資料或出版品。
- ●SCI（Science Citation Index），SSCI（Social Sciences Citation Index），

EI（Engineering Information Inc.）及TSSCI（Taiwan Social Sciences Citation）收錄期刊。
- 國內外大學研究報告與碩士、博士論文。

經過1個月廣徵外界意見後，共有422則背景資訊投入全國能源會議網站，經檢視資料格式後，計378則符合投稿的規定，再加上政府原提供的687則，共有1,065則背景資訊將進入「背景資訊釐清階段」。其中「核心議題二、供給穩定開源」的背景資訊占比達8成，顯示外界對於電力供應較關注。

「釐清」階段

所有背景資訊將由秘書處初步檢視所提供背景資訊是否符合研提格式，再由專家檢視資訊的可信度與完整度，決定可直接參考採納並納入「客觀事實背景資訊」或須進入下階段「子議題背景資訊討論會」中進行資訊說明，以釐清客觀資訊。

本階段已於10月27日至10月29日召開7場文件檢視會議，針對7個子議題進行所有背景資訊的釐清及討論，各場次會議分別邀請5位專家學者參與。討論過後，將所有背景資訊分為「直接參採」、「進入討論會」、「不參採」、「補件或修正」等4種處理方式。

為達全國能源會議專業釐清、深度參與及多元發聲的目的性，並考量公開、公平原則，文件檢視會及子議題背景資訊討論會是由具聲望的學界專家與官方共同擔任主持人；各議題則依專業性，由各子議題主責部會推薦及敦聘合適的領域專家人選，其組成包括來自學術界、產業界及公民團體等。而專家推薦資格需符合下列資格條件之一者：能源、經濟與環境等相關領域有15年以上的專業年資，過去或現任在研究單位擔任主管職、期刊總編輯或學校副教授等級以上者且專精於能源、經濟與環境等相關領域。

如果背景資訊皆符合會議處理原則，則直接參考採納，作為後續能源政策制定的重要參考依據；如果背景資訊不符處理原則或有主觀意見，則不予參採或請提案人補件或修正。若有部分背景資訊涉及提案人判斷或資訊不清楚之處，將召開「子議題背景資訊討論會」，請提案人至會場說明提案內容，最後再由專家學者決定背景資訊的後續處理方式。

每則資訊將依共同的釐清規則，由專家加以釐清討論。若各背景資訊均為可信，即使彼此間有差異、衝突或矛盾，都會被採用。

經濟部能源局於11月3日表示，全國能源會議已完成釐清背景資訊的第1階段文件檢視會，政府及民間所提供的1,065筆資訊，經專家依一致性檢視原則討論後，其中768筆直接參採作為客觀背景資訊，19筆不予參採（不參採原因多為性質非屬佐證或論證資料，而屬於未來討論期才應提出的因應策略建議；又或為個人技術發明，亦或所提供的資訊內容非屬本次會議討論範疇等，非關徵件主題者）；另有28筆確定需進一步釐清及250筆還需進行補件或修正，才能確定要不要進入後續子議題背景資訊討論會。

各界關心全國能源會議進展的民眾，皆可在網站上清楚看到各則背景資訊的全程處理情形，包括各場次會議的影片及紀錄，以求資訊透明、程序公開。

「討論」階段

釐清背景資訊後，大家在共同客觀事實背景資訊基礎下，共同討論因應策略。將先召開分區及團體因應策略意見徵詢會議，最後召開全體大會，共同深入討論。

預計於103年12月召開分區及各團體因應策略意見徵詢會與網路徵詢意見。各界對於議題有寶貴的因應策略建議，均可在分區會議、網路討論區提供意見。

分區會議是依區域別，分別召開8場（台北市、北基宜、桃竹苗、中彰投、雲嘉南、高屏、花蓮、台東等8區），可供民眾報名參加。團體諮詢會議則預計分別就學研、產業、社會團體安排3場次，亦開放各團體報名。

最後，預計於104年1月召開全體大會，將由大會代表出席，參考釐清的客觀事實背景資訊、依據分區及團體會議蒐集各界的因應策略意見，就各議題因應策略尋求共識，產出會議結論。

意見徵詢會議與全體大會全程均有網路直播，開放網路討論區，全體大會中亦即時呈現網路意見，以提供網路參與管道。

結語

目前全國能源會議已完成「公開」、「徵求」、「釐清」等3階段，經專家學者篩選出全國民眾及政府機關所提出的客觀、具科學事實的背景資訊。接下來要進行的是最重要的「討論」階段。

能源政策的制定，涉及全國國民能源價格的高低及穩定性、能源供應安全及品質，以及環境的永續發展，需要您我共同參與及討論。因此，全國能源會議的「討論」階段，是各界可以在科學事實基礎下，提出未來電力供應的因應策略及主張的重要階段。期待各界能積極參與，並且承擔我們共同的選擇。

參考資料：

1.梁啟源，全國能源會議的回顧與展望，（2014-5-12）。
2.全國能源會議網站，http://2014energy.tw。
3.經濟部能源局新聞稿「千則背景資訊如何釐清？能源局：一視同仁—全國能源會議背景資訊釐清階段正式展開」（2014-10-23）
4.經濟部能源局新聞稿「全國能源會議之文件檢視會順利完成－超過七成直接參採作為客觀背景參考資訊」（2014-11-3）

北部大缺電解決方案——情境分析

文・陳立誠

上一期寫了篇《北部大缺電解決方案》，意猶未盡，因為這個議題太重要了，本期將進一步詳細分析未來10年北部供電前景。

上篇列出北部4電廠（林口、協和、核一、核二）除役年限，為進一步分析10年後北部供電形勢，茲將台電目前規劃10年內北部新建機組時程列於表1。

本文將進行3種情境分析，3種情境分析均假設未來10年北部每年用電成長與2014相同（2.5%）。此一假設略高於台電預估（1.9%），但使用較為保守的2.5%規劃較可確保未來供電安全。表2為3種情境的假設。

情境A是假設機組除役及新機組商轉完全依台電目前規劃，則未來10年北部尖峰供電、用電及缺口將如表3所示。請注意，若除役及商轉機組時程規劃為下半年，則其對供電影響將顯示於次年尖峰供電。

由表3可明顯看出未來10年北部供電嚴重不足，北部用電將極為依賴南電北送。自2019年後每年供電缺口都超過200萬瓩，整個北部地區供電安全繫於上千座高壓輸電鐵塔必須安全無虞。千萬不能有大地震或颱風摧毀輸電鐵塔，否則北部必將分區停電。情境A絕對不是國人所樂見的。政府官員對情境A也心知肚明，唯一

表 1. 新建機組時程

機組	裝置容量	商轉年
林口（燃煤）	3 x 80 萬瓩	2016/2017/2019
大潭（燃氣）	3 x 72 萬瓩	2021/2023
深澳（燃煤）	2 x 80 萬瓩	2022/2023

表 2. 情境分析

情境	核一、二	林口（燃煤）	深澳（燃煤）	大潭（燃氣）	核四
A	X	◯	◯	◯	X
B	◯	◯	◯	◯	X
C	◯	◯	◯	X	◯

表 3. 情境 A

單位： 萬瓩

年度	尖峰用電	尖峰供電	除役機組	商轉機組	供電缺口
2014	1358	1388			30
2015	1392	1328	60		(64)
2016	1427	1408		80	(19)
2017	1462	1388	100	80	(74)
2018	1499	1388			(111)
2019	1536	1341	127	80	(196)
2020	1575	1341			(234)
2021	1614	1435	50	144	(179)
2022	1655	1416	99	80	(238)
2023	1696	1470	99	152	(226)
2024	1738	1542		72	(197)
總計			535	688	

表 4. 情境 B

單位： 萬瓩

年度	尖峰用電	尖峰供電	除役機組	商轉機組	供電缺口
2014	1358	1388			30
2015	1392	1328	60		(64)
2016	1427	1408		80	(19)
2017	1462	1388	100	80	(74)
2018	1499	1388			(111)
2019	1536	1468		80	(68)
2020	1575	1468			(107)
2021	1614	1562	50	144	(52)
2022	1655	1642		80	(13)
2023	1696	1794		152	98
2024	1738	1866		72	128
總計			210	688	

可勉強改善如此惡劣供電情境只有核一、二廠延役一途，這也將是第四次全國能源會議的重頭戲。

情境B假設核一、二廠延役，其他條件與情境A相同，則未來10年北部尖峰用電、供電將如表4。

表4顯示情境B未來10年北部的缺電情勢較情境A大為改善，但仍將陷於供電不足的窘境，還是得大量依賴南電北送。

不論情境A或情境B都有賴新增大潭燃氣機組完工，但這將使我國基載電力不足的情勢進一步惡化。但北部目前明明就有已完工只待裝填燃料的核四廠1號機及接近完工的核四廠2號機。如政府修正「核四封存」政策，並保守假設核四廠兩部機分別於2017、2020年完工商轉，則極為昂貴的大潭燃氣機組不必興建，在此種假設條件下（情境C）未來10年北部用電、供電情勢將如表5所示。

情境C與情境A、B相較可看出北部供

電情勢大為改善，北部可說是將處於供電十分安全的情勢，不再擔心地震、颱風對北部供電安全的衝擊。

吾人亦可由發電成本比較情境B與情境C的優劣。核四廠2部機每年可發200億度電，依2013年燃氣發電每度電成本3.8元，核四每度電成本2元計算，情境C每年較情境B可節省發電成本360億元，這也是一個大家絕不可忽略的天文數字。

由以上3個情境分析，可看出核一、二廠延役及核四商轉對北部供電的重要性，但大家也不可忽略確保北部供電安全火力機組的重要性。林口3部燃煤機組均已動工，準時商轉較無懸念，但另一重大建設為深澳燃煤電廠尚未動工，以上3種情境分析都假設深澳電廠2部機（共160萬瓩）可如期完工商轉。但事實上深澳電廠因環保團體反對興建煤碼頭已延宕8年，是否能如期動工變數極大。但深澳電廠對北部供電安全至關重要，除修正核電政策外，政府也應全力推動深澳電廠如期完工商轉，方能確保北部供電安全。



曠日廢時的建廠時程

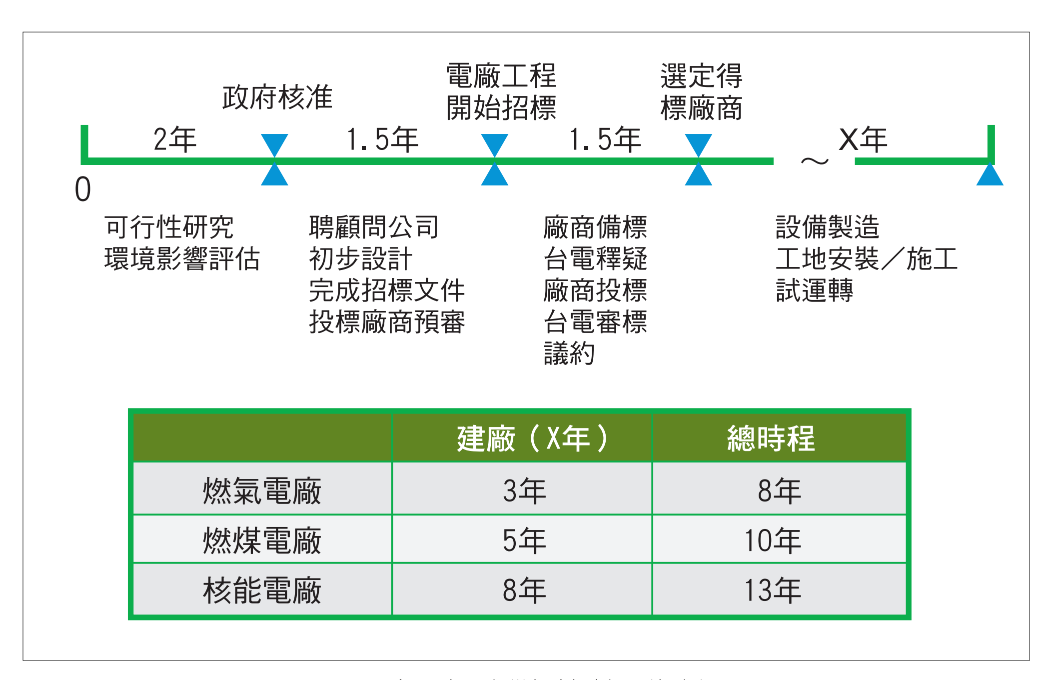
能源政策的失誤影響極為深遠，其中主要原因就在於電廠等基礎建設都要花費很長的時間規劃、建設。在完成後又至少持續運轉30年（燃氣）或40年（核能、燃煤）。糾正錯誤的政策，極為曠日廢時，要花上「數十年」為單位的歲月。

圖1顯示台電決定進行某一計畫，最

表 5. 情境 C

單位： 萬瓩

年度	尖峰用電	尖峰供電	除役機組	商轉機組	供電缺口
2014	1358	1388			30
2015	1392	1328	60		（64）
2016	1427	1408		80	（19）
2017	1462	1523	100	215	61
2018	1499	1523			24
2019	1536	1603		80	67
2020	1575	1738		135	163
2021	1614	1688	50		74
2022	1655	1768		80	113
2023	1696	1848		80	152
2024	1738	1848			110
總計			210	670	



	建廠（X年）	總時程
燃氣電廠	3年	8年
燃煤電廠	5年	10年
核能電廠	8年	13年

圖 1. 台電建電廠從規劃到完工的時程

先要進行可行性研究（呈報經濟部）及環境影響評估（呈報環保署）。這兩份報告從遴選顧問公司、顧問公司完成報告到政府單位批准的流程至少2年。在政府批准後，台電將另行聘請顧問公司進行電廠招標文件的準備。顧問公司必須完成全廠初步設計規劃，並協助台電進行統包商的預審，這一階段至少費時1.5年。台電正式招標（統包商）後，統包商通常要花半年、準備數百億甚至上千億工程的投標文件，再經台電與顧問公司審標/決標直到議約完成，這又要花1.5年的時間，所以在建廠統包商得標前已經花了5年的時間準備。

統包商在得標後，將進行細部設計、設備製造及採購，再運送到工地進行機電安裝、土木工程也同時施工，直到試運轉成功移交台電才算大功告成。各種電廠的複雜度不同，建廠時程也各不相同，燃氣電廠較簡單，約3年可完成，燃煤約5年，核能常要建7、8年。所以建廠總時程依燃氣／燃煤／核能不同，各需8年／10年／13年之久。

有所謂燃煤電廠4年可建成是只考慮「建廠」本身的時程，完全忽略了還得加上前期作業（可研、環評、規劃、招標、投標、審標、決標、議約等）至少5年的時間，缺乏相關實務經驗才會有此誤解／誤導。

個人雖然同意萬一廢核，以燃煤取代是正確方向，但問題是「緩不濟急」。尤其是以台灣北部而言，哪裡有10年可蹉跎？核一、二廠若不延役，核四不商轉北部必然大缺電，絕不會如同外界所言「廢核四也不會缺電」。

（本文作者為吉興工程顧問公司董事長）

能源使用的歷史

著・宮野 廣 譯・朱鐵吉

人類與動物最大的差異在於知道如何使用能源，火力、風力、水力、煤炭以及石油等不同能源的利用與科技的發展，豐富了人類的生活，地球也提供適當的環境使生物得以生存。而大量的動植物生物體沉積於地底下，經過漫長的時間轉化成化石燃料，數百年來人類大量開採使用，其結果給人類文明生活帶來顯著的改善，但地球的環境也悄悄的遭到破壞，產生嚴峻的環境問題。

能源的獲得

數十萬年前人類誕生之初，自己手腳的力量即是能源。以手採集食物，運用雙足移動。接著進化至石器時代，發展出許多工具以獲得食物，經年累月的進化後，接著發現「火」。火是當時最佳的能源，人類利用火的痕跡，由50萬年前北京原人的生活遺跡上可資證明，歐洲在30萬年前的洞窟中也發現「爐」的痕跡。人類的生活隨著時間逐漸進化，進步到可以控制「火」並應用在生活上，使得人類在各方面都有飛躍的進步。在地球上所有的動物中，人類位居食物鏈的最上層，發明種種方法獲得安全舒適的生活，形成現代繁榮的社會。

長久利用自然能源的社會

西元前數千年，人類開始農耕生活並居住在固定的地方，為了獲得更多能源而使用「獸力」。自古以來，人類利用牛與馬於農業與工業中，同時活用在「行」的方面，可說是「動力」的最佳來源。農耕生活使人類獲得富裕安定的生活，隨著文明的發展，社會生活越來越豐富和進步。

隨著「國家」制度的產生，加上生活競爭，以及開發出「鐵」的應用，農業技術發展更是迅速。但富足之後造成群體與群體間的爭鬥，國與國之間的戰爭，導致能源需求逐漸升高，數學、力學及哲學的學問也逐漸產生。

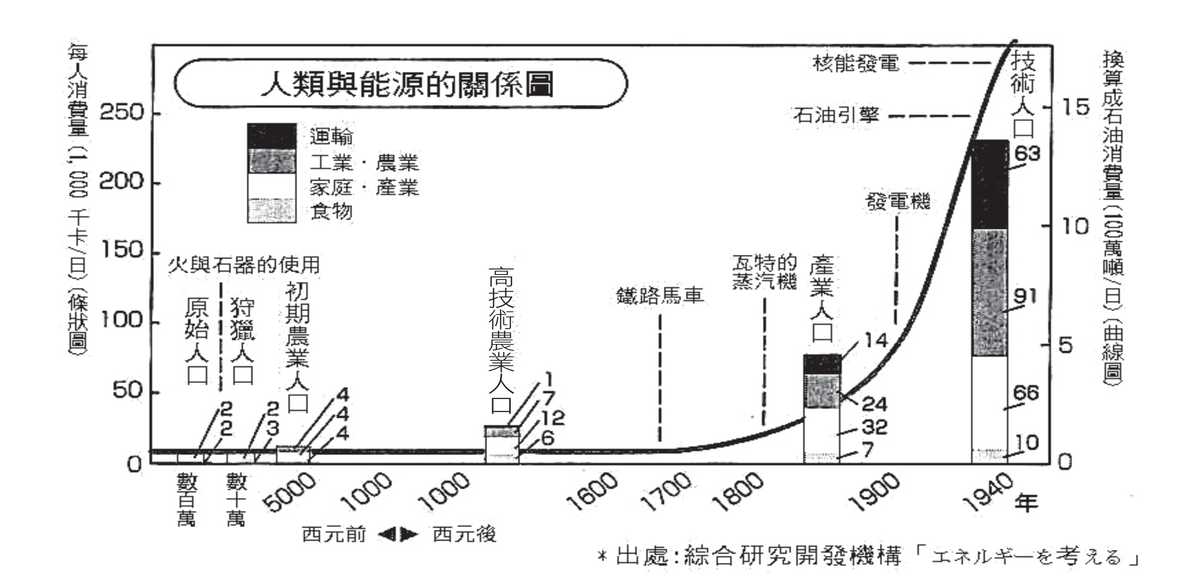
長久的農耕時代、社會長足的發展，誕生了都市，形成生產社會和消費社會。為了獲得更多的能源，人類發明了車輪與齒輪，和能載重的牛車與馬車，以及風車與水車。換言之，「自然力」能源有效的應用對人類文明貢獻很大。

近代的能源——化石燃料

經過長久的農耕時期，近代能源的利用起始於兩百多年前。水力和風力做為動力的來源，與隨後利用燃燒煤炭所產生的蒸氣，啟動了產業革命。這是利用自然能源之後，發展出煤與石油等「化石燃料」的應用。這些安定又大量的能源，使得產業更加發展，給人類生活帶來極大的利益，社會生活更豐裕富足。

現代能源的來源與利用技術

從初始能源轉換成為「電能」之後，19世紀以來電能和以燃燒的化學反應獲得熱能的方式全然不同，發明電能的應用具有理論



基礎，最大特點是掌握正確的理論且能知道如何去應用。人類使用的能源中，電能屬於比較安全的一種，為人力可以駕馭，使之成為現代社會的基礎。

現代是運用各式各樣能源的社會，化石燃料的應用最為廣泛。此外，利用鈾礦來做為核能發電的燃料，它與化石燃料使用方法完全迥異，核能可以長期供給使用而不需擔憂枯竭，對環境的衝擊也小。另一方面，近期強調的太陽能和風力，因限制很多，很難成為社會上的基礎能源。

能源應用的課題

近年化石燃料資源漸趨耗盡的危機已來臨，頁岩氣的出現雖暫緩化石燃料枯竭的問題，但化石燃料對地球環境也帶來重大的負面影響。大氣層隨著地球一起誕生，但因燃燒化石燃料會釋出溫室氣體，使得地球環境逐漸發生變化，世界各地氣候發生異常的現象，例如前所未見的集中暴雨、強勁的龍捲風和巨型颱風等，某些地區因酷熱而沙漠化，種種的災害接踵而來，這已經不是風險而是現實的問題。

另一方面，當核能發電一旦失去控制發生事故，產生的放射性污染等問題亦存在著很大的風險。

要放棄富裕的生活實在不易，所以我們必須解決因人口膨脹而造成能源需求上升的問題。

將來如何選擇適當的能源

很多國家對地球環境變化的認知並不高，認為「釋出大量溫室氣體的國家都能忍受，我們只釋出少量，應不至於有影響。」因此，要限制溫室氣體排放是一件很困難的事情，大量使用現代能源伴隨著發生災害和環境放射性污染的風險，人口膨脹又該如何確保糧食，以及考慮到各個不同文化和戰爭等等，這些都是圍繞在我們周圍的風險問題。因此，我們必須做出適當的選擇來使用各種能源。

資料來源：宮野　廣, “人とエネルギーを考える（７）” Energy Review November 2014: p.54-55.

乾式貯存……
室內比露天安全嗎？

文·編輯室

《謠言1》：

立委指出，台灣現在要推乾式貯存，卻是模仿美國方式，把核廢料放在戶外風吹雨打，與日本、瑞士等國家放在空調恆溫、恆濕的室內非常不一樣。

《事實1》：

室內式跟室外式（露天）乾式貯存，簡單比喻就是住在同一屋簷下還是分家，室內式的乾式貯存設施是將所有密封鋼筒存放於一座廠房中（大家在同一屋簷下），而露天式是在密封鋼筒外加上「鋼筋混凝土護箱」及「水泥屏蔽」，本身就相當於一座座的貯存廠房（各自有自己房子）。

另外，過多的障蔽反而不利於空氣對流散熱，且露天貯存設施在國際間占大宗。另密封鋼筒材質為304L不銹鋼，經過證實不易腐蝕；且乾貯期間密封鋼筒的溫度高於環境溫度（約70℃），會產生空氣自然對流，鹽分不易潮解，不易有氯離子腐蝕現象。

以安全性來說：美國NAC公司假設，波音747型客機撞到混凝土護箱，分析結果顯示，護箱會發生滑移或傾倒外，不會造成密封鋼筒的密封蓋焊接失效，無放射性物質外釋。而美國核能管制委員會也依據印第安點能源中心（Indian Point Energy Center）的分析資料，曾經針對假設F-16戰機撞擊混凝土護箱的情況進行評估，評估結果顯示，無放射性物質外釋。

《謠言2》：

美國的乾貯筒是放在無人沙漠，台灣卻是放在氣候濕熱、人口密集的新北市？

《事實2》：

用過核子燃料乾式貯存已經是國際上成熟的技術，也是國際上普遍採行的做法。目前世界上共有31個國家擁有核電廠，而截至102年12月止，世界上營運中的用過核子燃料乾式貯存設施共有124座，分布於歐洲、美洲、亞洲及非洲，共22個國家；其中美國的乾式貯存設施已有69座、德國16座、加拿大9座。全世界共有19座乾貯場位於臨海地區，與核一廠的地理位置相當。

此外，美國首座用過核子燃料乾式貯存設施，位於維吉尼亞州的Surry核電廠，1986年開始運轉至今28年。美國核管會已核准該貯存設施可運轉至2046年，

也是臨近海邊，美國不少乾貯設施也並非位於沙漠區。而韓國月城（wolsong）核電廠的露天乾式貯存設施，位於韓國慶尚北道慶州市，距離慶州市中心約30公里。

《謠言3》：

台電購買的MAGNASTOR乾貯箱在今年4月底為止，尚未有核發執照的紀錄，台電卻在2月的核二乾貯設施安全分析報告中，聲稱MAGNASTOR已經獲美國核管會核照在案。核二廠乾式貯存設施，換成尺寸較大卻沒有執照新型號？！

《真相3》：

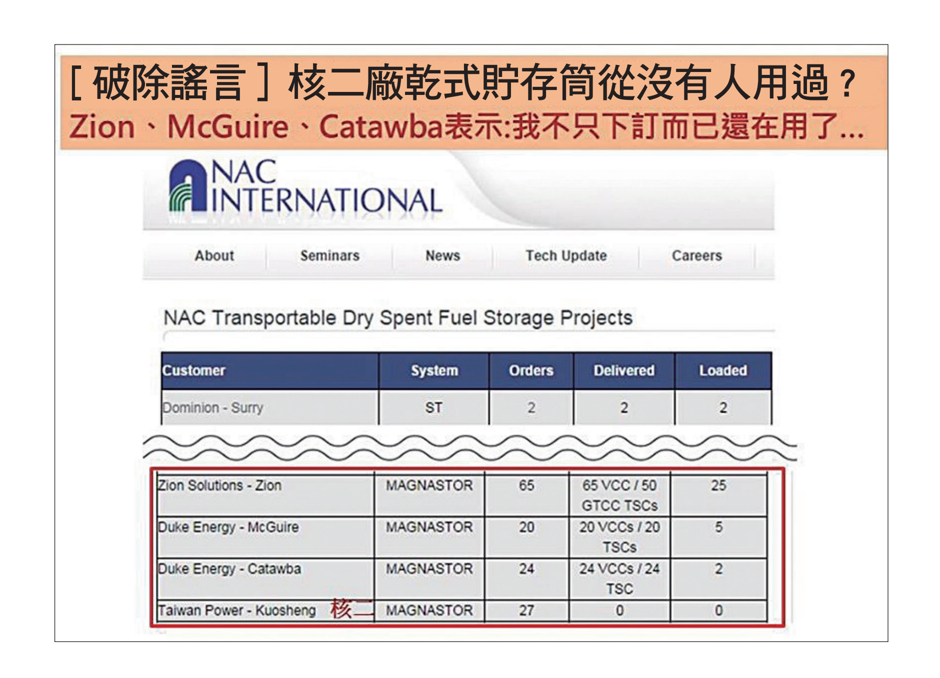
核二廠採用美國NAC公司所設計的MAGNASTOR型混凝土護箱，該護箱已於2009年2月4日獲得美國核管會的執照。美國核管會網站上表示「…在2009年2月4日取得執照。」請見網址：http://www.nrc.gov/waste/spent-fuel-storage/designs.html

《謠言4》：

放入87組燃料束的貯存筒絕對是世界第1大，從沒有人用過。該乾式貯存設施美國沒有運轉實績？

《真相4》：

我們上網查到MAGNASTOR乾貯箱不是只有核二廠採用：
Zion核電廠：買65組已用25組
McGuire核電廠：買20組已用5組
Catawba核電廠：買24組已用2組
請參考http://www.nacintl.com/nacdry



NAC Transportable Dry Spent Fuel Storage Projects

Customer	System	Orders	Delivered	Loaded
Dominion - Surry	ST	2	2	2
Zion Solutions - Zion	MAGNASTOR	65	65 VCC / 50 GTCC TSCs	25
Duke Energy - McGuire	MAGNASTOR	20	20 VCCs / 20 TSCs	5
Duke Energy - Catawba	MAGNASTOR	24	24 VCCs / 24 TSC	2
Taiwan Power - Kuosheng 核二	MAGNASTOR	27	0	0



《謠言5》：

核二廠擅自變更設計？

《真相5》：

核二廠乾式貯存設施採購帶安裝案已於99年11月由美國NAC／台灣俊鼎公司（共同承攬）得標。因得標廠商的設計配置等內容與環評書件所載內容有差異，因此台電依環評法相關規定，另提環評變更內容對照表陳報環保署審查。環保署於100年11月召開「核能二廠用過核燃料中期貯存計畫第一次變更內容對照表」專案小組審查會，會議結論：「請開發單位先將乾式貯存設施之安全分析報告送行政院原子能委員會審查通過後，送本專案小組再審。」

依此，台電已於101年3月將安全分析報告陳報原能會審查，並在102年9月6日獲原能會審查通過。有關環評變更內容對照表則於103年2月19日經環保署第256次環評大會通過，定稿本並於103年4月18日獲環保署同意備查。

從全球核能婦女會
看澳洲核能應用發展現況

文・編輯室

第22屆全球核能婦女會（Women in Nuclear Global）年度大會由澳洲分會（WiN Australia）舉辦，於今（2014）年10月20至23日在澳洲第一大城市——雪梨舉行。擁有豐富鈾礦的澳洲雖然沒有核電廠，但在核子醫學與科技運用方面非常傑出。WiN Australia成立於2003年，主要支持女性就業於和平應用核子醫學與科技的領域。全球核能婦女會總共約有4,700名會員，來自107個地區，而這次會議約有150人參加，除了地主澳洲，由韓國與保加利亞代表團分別有12人與8人為最多，中國大陸有6人，日本與我國則分別派出4人與3人赴會。

澳大利亞（簡稱澳洲）一詞源於拉丁語，意思為「未知的南方大陸（terra australis incognita）」，為南半球第二大國的澳洲，是世界上唯一一個國土覆蓋整個大陸的國家，並同時擁有沙漠、熱帶雨林、沙灘海岸等自然景觀，以及世界上馳名遐邇的自然遺產——大堡礁。國土面積為台灣200多倍的澳洲，人口卻比台灣稍少，導致澳洲人平均擁有的國土面積名列世界前茅。

礦產豐富的澳洲有「坐在礦車上的國家」的美譽，鈾、銀、鉛、鎳、鋅、鉅、鋁土礦等礦產的儲量居世界首位，同時擁有黑煤403億噸，褐煤300億噸，原油2,270億公升，天然氣22,000兆噸等大量的關鍵發電能



▲ WiN 澳洲分會將會旗交給明年將主辦年會的 IAEA 分會

源，造成澳洲根本不需要使用鈾礦來發展核電就可靠火力發電生產國家75%的電力，占比相當之高。但燃燒化石燃料的後果就是排放出大量的溫室效應氣體與加重空氣污染，澳洲光火力發電廠就排出超過全國1/3的溫室氣體。然而，在各國越來越關注全球氣溫升高這個議題，決議於1997年簽署《京都議定書》時，當時屬自由黨的前總理約翰・霍華德（John Howard）卻以「該條約會減少澳洲人民的工作機會」拒絕簽署《京都議定書》，而另一政黨工黨則完全支持該條約，使其成為澳洲政治史上最嚴重爭論的議題，一直到2007年政黨輪替，新總理克文・陸（Kevin M Rudd）上任才正式簽署《京都議定書》。

雖然1997年時澳洲拒絕簽署《京都議定書》，前總理還是對內宣布了一項「防範未來：澳洲對氣候變化的因應」聲明，提出

2013 年二氧化碳排放情況

	世界	OECD	澳洲	台灣
人口（百萬）	6,958	1,241	22.76	23.39
排放總量＊（噸 CO_2）	31,342.0	12,341.0	396.8	264.7
人均排放（噸 CO_2／人）	4.5	9.95	17.43	11.31
排放密集度（公斤 CO_2／美元 **）	0.45	0.33	0.44	0.34
每單位能源排放（噸 CO_2／toe）	2.39	2.33	3.23	2.47

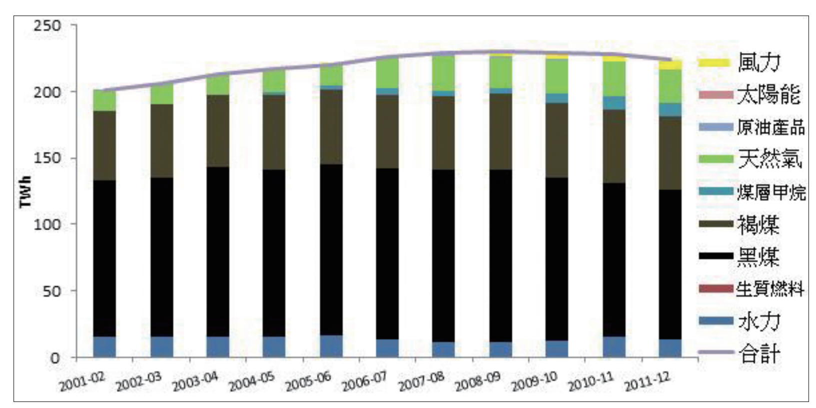
＊ 不包含國際航運排放 CO_2
** 以購買力平價（Purchase Power Parity）及 2005 年美元幣值計
資料來源：
1. International Energy Agency, Key World Energy Statistics, 2013 Edition
2. 中華民國行政院環境保護署「溫室氣體排放統計」

一系列的溫室氣體措施，特別指向因能源供應而產生的氣體，因為他們是澳洲溫室氣體排放的主要來源，其中一項措施為實施「發電效率標準（Efficiency Standards for Power Generation）」計畫來鼓勵既有電廠降低排放溫室氣體，澳洲的淨溫室氣體排放量在過去幾年間因此減緩成長，但與《京都議定書》之目標相比，還是存著很大的差距。

澳洲民眾普遍反對核能發電，但與台灣不同，澳洲反核並不是受日本311福島事故所影響，澳洲反核已有近60年的時間，是因為英國於1956年9月底開始，持續長達13個月的時間，在澳洲中南部馬拉林加地區（Maralinga）等數個地方進行了多次的核子試爆，對當地的原住民產生相當大的衝擊，也在澳洲人民心中留下了陰影。

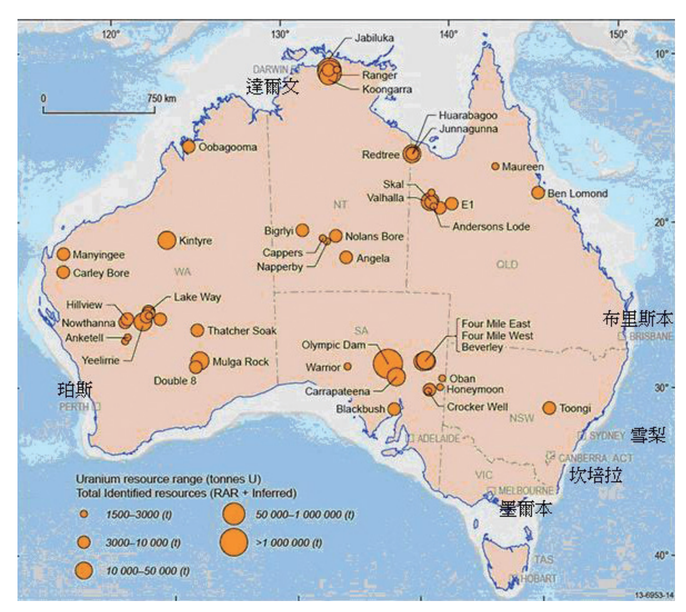
但諷刺的是，即使澳洲反對核能發電，因鈾礦儲量高居全球之冠，澳洲選擇開採鈾礦並外銷至世界各國的核電廠，使澳洲成為全球第3大鈾礦出口國，僅次於哈薩克與加拿大，年出口量約8,000噸，價值超過8億澳幣，比外銷原油、液態天然氣、煤炭等所得到的利潤還要高出許多。年出口量最高時可占全球鈾礦近2成的市場，目前占比為12%，美國、中國、日本與歐洲聯盟為澳洲鈾礦的主要採購國，台灣核電廠的鈾燃料也是由澳洲購入。

基於反核政策與法令，長期以來只有澳洲西部與南部允許開採鈾礦，至2012年才准許澳洲東部與東北部的新南威爾斯州與昆士蘭州進行鈾礦的開採，但位於澳洲東南方的維多利亞州至今仍不允許開採鈾礦，能開採的礦區只有5處。福島事故後大多數台灣人民聞核色變，但當時澳洲總理表示：「日本核災並不影響澳洲鈾礦交易，將會持續出口鈾



▲澳洲主要能源發電量（億瓩）

（資料來源：澳洲能源供應聯盟 ESAA）



▲澳洲鈾礦分布情形（單位：噸）

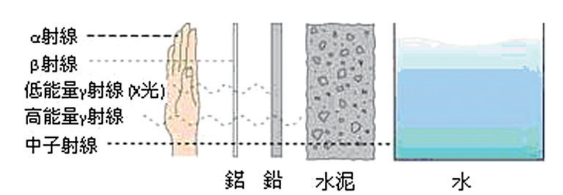
礦」，並沒有因為日本核災而重新考慮鈾礦出口政策。澳洲能源部長蓋里・葛雷（Gary Gray）甚至於2013年6月公開呼籲，因全球目前有66座反應爐興建中，澳洲各界應合作加速澳洲鈾礦產業發展之步伐，以因應全球對鈾礦需求的成長，未來將把重點市場放在占有興建中66座反應爐2/3的中國大陸與印度。另外，根據澳洲鈾礦協會表示，隨著世界各國迅速發展核電，澳洲如能改變目前的保守政策，開採鈾礦可望快速成長，預計4年後的鈾礦出口量將從去年估計的8,000噸翻倍成長。

拋開備受爭議的鈾礦開採議題不看，澳洲在核子醫學與科技的應用領域表現非常傑出，除了國立澳洲大學、昆士蘭大學、新南威爾斯大學都有相關科系之外，還有多個世界知名核子醫學與科技相關的學術及研究機構，與數個由政府出資成立的大型研究機構，這次由WiN澳洲分會的協助下分別參觀了其中的澳洲核能科技組織（Australian Nuclear Science and Technology Organization，ANSTO）與澳洲同步輻射中心（Australian Synchrotron）。

澳洲核能科技組織

位於雪梨西南方約40公里處的澳洲核能科技組織（ANSTO）是澳洲國家級核能研究機構，也是澳洲核能專家的主要聚集地。ANSTO占地約20萬坪，擁有超過1,000名專業研究人員與職員，主要發展世界級的核能相關科技與研發，並在具有里程碑意義的設施上提供卓越的創新，同時也負責向澳洲政府與人民、工業界，以及其他機構提供核能相關的專業意見、技術服務與產品。ANSTO的核子相關設施有研究用反應爐－開池式輕水型反應爐OPAL（Open Pool Australian Light-Water Reactor）、同位素藥物製造設施，以及其他一系列獨特的研究用儀器裝置等。

ANSTO認為「若要研究原子世界，應從核子科技著手」，世上的一切都是由原子所組成，從人體到我們呼吸的空氣，還



▲放射線的穿透性（資料來源：ANSTO）

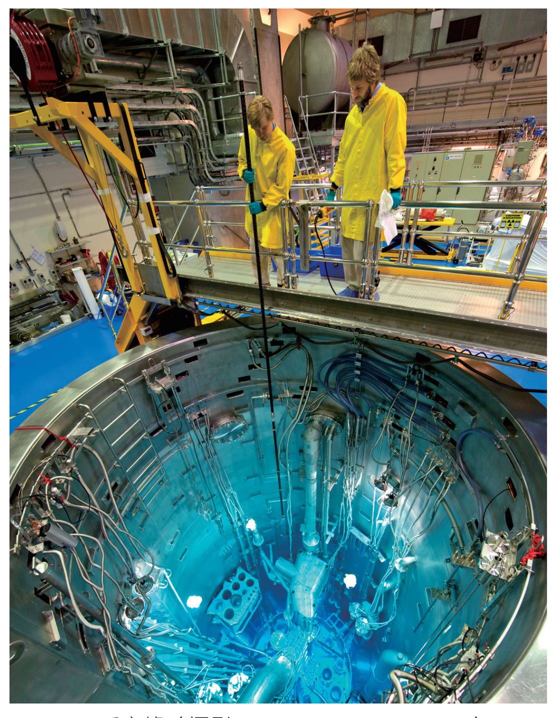
有我們周遭的任何事物，如此看來認識原子所扮演的角色與原子融合時會發生什麼事情是非常重要的，他們對人類的生活有著持續性的影響力。如果我們能了解原子是怎麼結合，或是如何結合能產生最佳效果，我們即可透過分子工程與合理的藥物設計，發展更新穎且有效的物質與藥物。因此，ANSTO認為原子世界的物質現象研究為科學研究中最重要的領域之一，研究內容包含放射線（α、β、γ與中子射線等）的穿透性與衰變性、核分裂與核融合、放射性核種與核子科學於日常生活上的應用等。

澳洲目前唯一一座運轉中反應爐OPAL美如其名（opal原意為盛產於澳洲南部的珍貴礦產「蛋白石」），是一個多功能的小型研究用反應爐，主要用來生產放射性同位素、輻射照射，與中子束研究，此3種用途在各範圍的核子應用中扮演著關鍵的角色，從下一代醫學與營養學層面來開發更安全、更精確的物質。與一般核電廠反應爐不同，OPAL只是研究用反應爐，體型僅為國際上典型電廠反應爐的1/100，所產生的能量只有20兆瓦，相當於一個典型反應爐的1/150，若要發電的話也只夠供一個家庭使用。

OPAL於2007年開始運轉，取代興建於1958年的澳洲第一座研究用反應爐HIFAR（High Flux Australian Reactor）。順帶一提，在OPAL開始運轉前，澳洲核子醫學所需要的同位素有70%是由HIFAR所提供，每年為約50萬名癌症及心臟病患者提供治療，已於2007年關閉，但仍需10年的時間來完成除役作業。與HIFAR相比，OPAL能使用更少量的鈾燃料而產生雙倍以上的能量，所產生的醫療用能量更是HIFAR的4倍，預估澳洲每年將有200萬名患者可接受核子放射治療。

而OPAL也被形容為生產中子的工廠，ANSTO的中子散射技術可應用於科學、工業、甚至醫學研究方面。ANSTO目前運轉中、已除役與還在設計中的中子散射儀器共有13個，與反應爐相連的中子束實驗室內的儀器有3座繞射儀、1座中子反射儀、1座中子散射儀，與2座冷中子三軸散射儀。

有趣的是，ANSTO專家們依各儀器的中子束特性，利用澳洲特有動物來幫這些儀器命名，像是針鼴鼠（繞）、無尾熊（繞）、蓬尾袋鼬（繞）、鴨嘴獸（反）、短尾矮袋鼠（散）、太攀蛇（三）等，而台灣國寶梅花鹿（SIKA）居然也出現其中，原來當初這


▲ OPAL 反應爐（攝影：Bragg Institute, ANSTO）

個冷中子三軸散射儀是我國國科會出資所建立，OPAL每年運轉340天，中華民國有主控權使用SIKA其中240天的實驗時間，提供國內各領域研究團隊使用。為了有效管理與運作這些中子束儀器，ANSTO於2002年創立布拉格研究所（Bragg Institute），正是以發現布拉格曲線的澳洲英籍物理學家威廉・亨利・布拉格博士（William H. Bragg）而命名。

提到核能一定不能漏掉核安，OPAL的周圍有1.6公里的緩衝區，經特殊設計後能承受大型的地震與衝擊，反應爐上方長40米、寬30米的金屬網能防止恐怖攻擊，例如飛機墜毀等對反應爐造成的衝撞。OPAL同時也擁有兩套獨立運作的控制系統，能在緊急情況下關閉反應爐、冷卻爐芯；反應爐建築也都是使用加固型混凝土所建造，除了能防止反應爐遭受外力事故的影響，也能阻止發生事故時輻射外洩，因此不會帶給周遭居民安全上的問題。

除了研究用反應爐OPAL之外，ANSTO也將核能科技運用在核子醫學與環境研究等方面。ANSTO提供全澳洲醫院高達80%的核子醫學與藥物，並幫助醫生診斷如癌症與阿茲海默症等疾病，將低劑量輻射的追蹤器注射入人體，追蹤器立即傳送訊號至一特殊γ射線的攝影機，轉換成人體內器官動向的圖片，使醫生能判定器官運轉失常或是癌症滋生等，並給予正確的治療。

而除了核子醫學之外，ANSTO也運用核能來做多種環境相關的研究，例如溫室效應、放射性碳定年法（又稱碳定年，即利用自然存在的碳14同位素的半衰期來估算年代）、水文系統同位素分析（即推斷水源流向來保護未來的水資源供給）、空氣污染分析、以植物來修復受汙染環境的綠色科技、預防害蟲殘害澳洲芒果等，ANSTO表示他們擁有部分世界上最精密的儀器來執行這些研究。

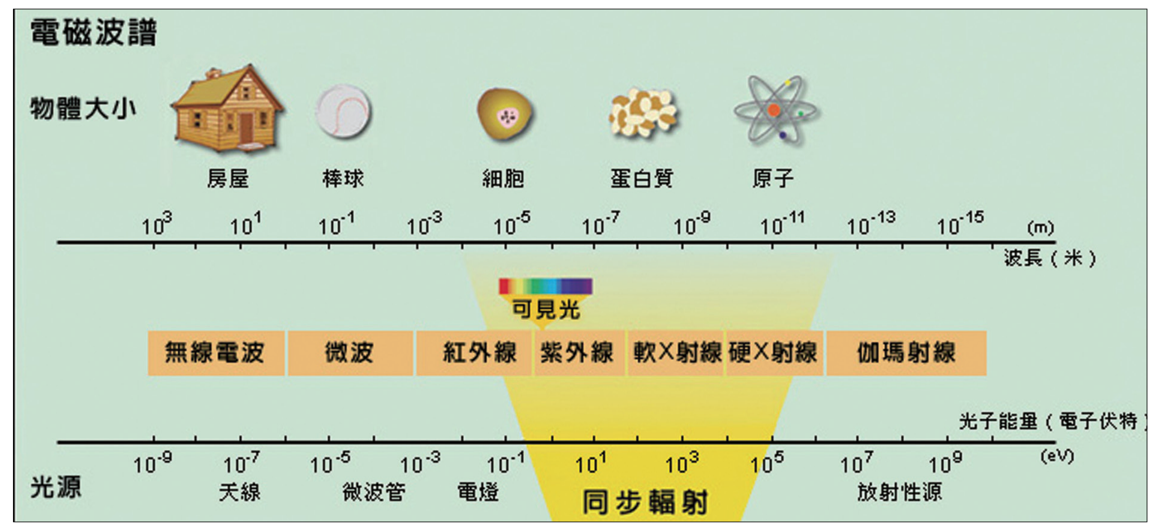
此外，ANSTO並不避諱對外開放參觀，每年約有8,000人至ANSTO參訪，在參訪期間都有研究人員陪同與講解，包括OPAL反應爐以及一系列中子束儀器的建設過程、工作原理與應用等，不僅有詳細的文字說明，還有解剖圖，其結構及原理讓人一目瞭然。

澳洲同步輻射中心

隸屬ANSTO的澳洲同步輻射中心位於澳洲東南部的維多利亞州，距離澳洲第二大城市墨爾本市中心只需15分鐘的車程。為了提升澳洲在國際學術上的地位，並強化澳洲與國際科學界的關係，使澳洲研究人員得以從事更有價值的研究，維多利亞州政府決定於2001年在澳洲8大名校之一的蒙納許大學（Monash University）旁建立國家同步輻射加速器，並於2007年正式開始運轉。除了ANSTO之外，澳洲的5個州政府及25所大學、澳洲聯邦科學與工業研究組織（CSIRO）、澳洲醫學研究機構（AAMRI），甚至紐西蘭政府都出資建立這座同步輻射加速器。

同步加速器為一種環型的粒子加速器，根據電磁學理論在環型磁場與電場的作用下，使以接近光速運行的帶電粒子束改變方向，在改變方向時會產生「同步加速器光源（synchrotron light）」。同步加速器光源也是電磁波的一種，為一連續波段的電磁波，涵蓋紅外線、紫外線及X光等，於1974年在美國通用電器公司的同步加速器上發現，因此又被稱「同步幅射」。

同步加速器是高能物理學家用來找尋基本粒子與探索宇宙本質的重要儀器，因科學家們逐漸體認到同步加速器光源的優異性，各國紛紛開始興建專門生產同步加速器光源



▲同步輻射示意圖

（來源：國家同步輻射研究中心）

的同步加速器，並嵌入特別的插件磁鐵使電子由一次偏轉進化成多次偏轉，光源亮度則能提高1,000倍以上。因為發展迅速，同步加速器已成為許多研究領域不可或缺的研究工具。目前全世界約有70座實驗用同步加速器，而我國的同步加速器則完工於1993年並於同年啟用，比澳洲提早許多。

澳洲同步輻射中心的研究範圍非常廣泛，涵蓋生物醫學、國防、環境科學設施、食品工學、法醫鑑識、製造業、礦物與自然資源的偵測與開採、藥劑學，與科學儀器的開發。研究人員可使用同步輻射光來分析空氣中污染物的樣品並找尋來源，也可分析各種物質的特性，分析的物質可以細小到原子的等級，對各領域的發展非常有幫助。

結語

澳洲雖然沒有核電廠，但在運用核能至生活上非常的多元，這次WiN澳洲分會在只有ANSTO的幫助下能夠舉辦150人左右的國際型會議與技術參訪實屬不易。此外，ANSTO對OPAL開放的程度亦令人感到訝異，雖然開放是在極其嚴格的制度下進行，但畢竟反應爐是一個國家的機密，在理解後才知道，在澳洲即使是反應爐，只要是公共設施都是人民納稅所建造，人民有權知道這些設施的建造過程、功能與作用，政府只需決定將哪些資訊公開，並制定嚴格的規範保證安全即可，令人印象深刻，值得我們學習。

資料來源：

1. Wikipedia, http://en.wikipedia.org/wiki/Australia
2. WiN Global, http://www.win-global.org/
3. International Energy Agency,
4. Data and Statistics – Energy in Australia, Energy Supply Association of Australia, http://www.esaa.com.au/
5. Energy Green Paper, Department of Industry, Australian Government, http://ewp.industry.gov.au/files/egp/energy_green_paper.pdf
6. ANSTO, http://www.ansto.gov.au/index.htm
7. Australian Synchrotron, http://www.synchrotron.org.au/
8. 國家同步輻射研究中心, http://www.srrc.gov.tw/chinese/lightsource.aspx

2014 年福島地區的走訪與輻射測量

文・張文杰

面對地震、海嘯與核災三重打擊的福島，現在的面貌是什麼呢？

緣起與目的

離2011年3月11日的福島事件已經3年多，網路和媒體上關於福島的各式流言仍然非常多，這反而引起我的興趣，讓我想去福島親眼看看當地的情況。日本仙台市在2014年9月14-17日舉辦WRFPM 2014會議，非常感謝清大工科系、核工所與核能資訊中心的幫助，讓我有機會參加此會，並過去一趟福島。這次福島行只有我一個人，主要是想去最近才開放的地點與海水浴場，並沒有去未開放的禁區，就是一般人或觀光客生活的區域。

比較不一樣的是我帶著輻射偵檢器去量輻射，一來是因為看到〈潘朵拉的承諾〉這部電影中有導演帶著輻射偵檢器到處量輻射的畫面，這種直接了當的方式讓一般民眾也能看得懂，令我印象深刻並想效仿。二來是因為看到不少反核人士帶著輻射偵檢器去福島量輻射，但是都是用錯誤的方式測量，然後用錯誤的資訊散布恐懼，我個人非常痛恨這種手法，所以也打算帶著輻射偵檢器做真實且確切的記錄。



圖 1.〈福島我很好〉的圖

在出發前請朋友幫忙畫了一張〈福島我很好〉的圖，做成旗幟帶去福島。這是參考YOUTUBE上主題「HAPPY」的影片[1]。圖上寫著「風評被害就讓它被風吹走吧」、「福島加油」、「福島食物是ok的」等標語。「風評被害」是日本用語，意思是因為不精準的訊息或是錯誤的資訊，甚至是不實的謠言而受到誤解或損失，有點像中文的流言蜚語、人言可畏。

輻射測量簡介

先簡單介紹一下我這次帶的輻射偵檢器[2]，這台POLIMASTER輻射偵測器是經過國際認證的輻射偵檢器（圖2）。不要



圖 2. POLIMASTER 輻射偵測器

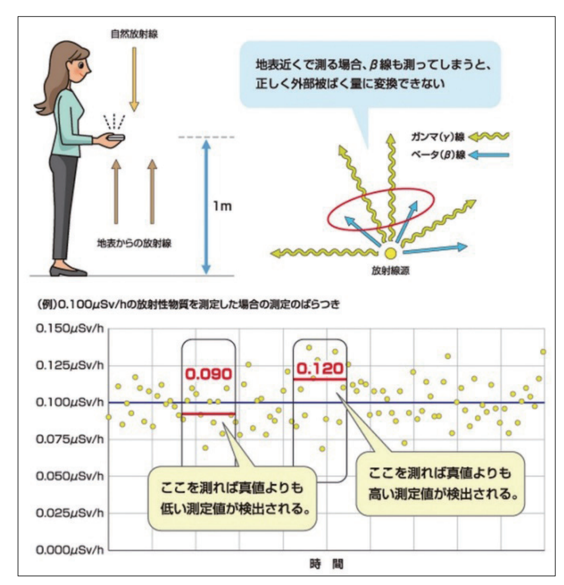


圖 3. 簡易輻射偵檢器的使用說明圖

看這小小一台，價格大約台幣2萬元，美國、日本、國際原子能機構、世界貿易組織等國家與國際機構也都有使用。其特色是體積小、重量輕便、利於攜帶並且不易受到干擾，與其他較便宜的攜帶型偵測器相比，較不易受到其他電磁波等干擾，精準度較高。它不只可以測量環境的輻射劑量，進入核電廠或輻射工作場所時，也可以配戴作為個人輻射劑量累積計量管理，等同於劑量計的功能。

然而，最重要的是正確的操作方式與解讀數據方法，畢竟不管儀器再好，用錯誤的操作方式與解讀方法也是白搭。這種利於攜帶的簡易輻射偵檢器的使用說明以及測量方式如圖3所示[3]。此偵檢器適合測量外在環境中的輻射值，測量時要離地面約1公尺的高度，只測量γ射線，因為測量時會有誤差，所以要多次測量再取平均值。由此可知，如果看到有人貼著地面、牆壁量輻射，或是多次測量取最高值，這些都是錯誤的示範。其輻射值不能代表外在環境中的輻射值，因為很多人犯這錯誤，所以在此特別說明。另外關於輻射測量的知識也可參考《泛科學》的專題文章〈人手一支的輻射偵測器，是全民科學時代的濫觴，還是另一個奠基在偽科學之上的盲目潮流？〉[4]。

日本福島縣簡介

福島縣是日本東北地方南部的一縣，南北距離133公里，東西距離166公里，總面積13,781平方公里，其面積在日本47個都道府縣中居第3位，大約0.4個台灣，人口大約200萬人。另一個鮮為人知的事是，福島縣大大小小的發電廠加起來有95座，是全日本最大的發電縣[5][6][7]。

福島縣內一些有名的觀光景點大都在福島縣的西部（以郡山市為中心），例如：會津若松、猪苗代湖、磐梯高原．五色沼、喜多方市、吾妻高湯、土湯…等，只有少數觀光景點是在福島縣的東邊，例如：磐城湯本溫泉等。不過此行的目的是去最近才開放的地點與海水浴場，所以就



圖 4. 福島縣地圖

沒有去以上有名的觀光景點。

行程記錄

第1天：福島縣郡山市

行程的規劃首先是搭飛機到東京成田機場，圖5是飛機起飛前和飛行中的輻射值，可以看出飛行中的輻射值約是自然背景輻射值的20倍，也可證明我這輻射偵檢器沒問題。下飛機後，從東京搭新幹線到福島縣郡山市，圖6左邊是在東京搭乘新





圖 5. 飛機起飛前與飛行中的輻射值比較圖

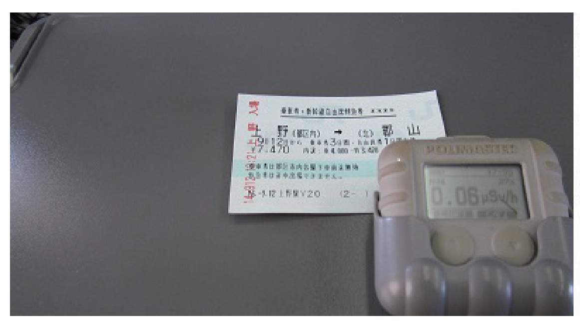




圖 6. 東京與郡山市的輻射值

幹線時量的輻射值，右邊是到郡山車站時量的輻射值，可以看出東京和福島縣郡山車站的輻射值相同。

也許會有人問，為什麼是到郡山市而不是到福島市？一般台灣人可能只聽過福島市而沒聽過郡山市，從城市規模來看，郡山市是福島縣最大的城市，也是福島縣內的經濟和商業中心；從交通上來看，郡山市位於福島縣的中心點，也是交通東西、南北線的交叉口，是福島縣的交通重鎮。在發生福島核災時，郡山市是當時避難的指定避難區之一，所以我選擇先住在郡山市，之後再去住福島市。在郡山車站旁的超商裡，有一區是專門賣福島的農產品，我買了福島產的豐水梨當飯後水果，水分蠻多的，甜度方面則是普通。

第2天：四倉海水浴場和竜田站

今天的行程規劃是去海水浴場以及離福島第一核電廠最南端的車站-竜田站，先要從郡山車站去いわき市（いわき，磐城市）再轉車。由於早上火車班次偏早，於是我決定早上搭巴士去いわき市，下午回程時再搭火車，可以體驗兩種不同的交通方式與路程。



圖 7. いわき市裡巴士站以及火車站的輻射值

到いわき市後才發現，巴士並沒有直接到いわき火車站，下車地點離火車站還有好長一段路，必須轉搭公車坐半小時的路程才能到火車站。雖然經過一番波折才到いわき火車站，但也意外地看到いわき市區的生活環境，這是一個人旅行的樂趣之一。圖7是いわき市裡在巴士站以及在火車站的輻射值，可以看出都跟郡山車站的值相同。在等公車時碰到一位老太太，她說很少看到觀光客來這邊。公車上有個推薦福島米的廣告，在路上常常看到類似這種充滿正面能量的廣告，讓我覺得日本人是積極地想從災難中走出。

目前福島縣開放的海水浴場有2個，四倉海水浴場和勿來海水浴場（註：「勿





圖 8. 歡迎到四倉海水浴場的招牌以及四ツ倉車站的輻射值







圖 9. 四倉海水浴場的輻射值以及〈福島我很好〉旗幟照

來」是日本當地的地名，不是「不要來」的意思），有些還沒開放的海水浴場離福島第一核電廠的距離比四倉海水浴場還遠，沒開放的原因並不是因為輻射的關係，多半是因為海水浴場本身或是周圍的防波堤被海嘯襲擊，還沒修復好的原故。這2個海水浴場相距約有35公里，由於時間關係我就選擇去離福島第一核電廠較近的四倉海水浴場。從いわき車站坐火車到四ツ倉站下車就可以看到「歡迎到四倉海水浴場」的招牌（圖8），輻射值跟郡山車站相同。

從四ツ倉車站到海水浴場沒有公車等大眾交通工具，只能靠走路或搭計程車，









圖 10. 竜田站離福島第一核電廠的距離及輻射值

我當然是選擇走路。途中可以看到有標誌寫著此區是311東日本大震災時被海嘯淹過的區域，也會標示該地的海拔是多高，以及海嘯來時的避難路線與場所，由此可看出當地對海嘯襲擊的重視與防備。

走了約半小時終於到達四倉海水浴場，第一印象是「一眼望去有數不盡的防波塊呀」，海水浴場附近正在進行防潮堤的整修，防波塊之多是我在台灣海邊從沒見過的，可見日本人在311時被海嘯重創後，就非常重視海嘯的防備。

當時是9月中旬天氣偏涼，所以在四倉海水浴場的人並不多，約60來位而已。從圖9可以看出，四倉海水浴場的輻射值與一路上所經過的地區輻射值差不多，在一般背景輻射值範圍內。隨後請當地居民幫我拍照留念，也將<福島我很好>的旗幟和國旗插在四倉海水浴場沙灘上。

四倉海水浴場旁邊的商家，我見到了一幅十分感動的畫面，在商家的柱子上有滿滿地為受災地區加油打氣的標語，看得出來當地居民並沒有被地震、海嘯與核災這三重打擊所打敗，他們用努力、積極、樂觀的心態來克服這次災害。商家內也有不少藉此災害化危機為轉機的商品，當然也有賣福島產的農作物，有些還附上農民的名字，讓人對於該產品更有安全感。另外還看到一張為了防止全球暖化的「福島議定書」，連尚在重建中的地區都如此注重環保和防止全球暖化，我們怎麼好意思落於人後呢?

表 1. 福島縣避難區域的變化演進表

開放的時間點	修正的地點
2012 年 3 月 30 日	解除緊急時避難準備區域
2012 年 4 月 1 日	部分的南相馬市、田村市及川內村
2012 年 6 月 15 日	飯館村
2012 年 7 月 31 日	楢葉町
2012 年 11 月 30 日	大熊町
2013 年 3 月 7 日	葛尾村、浪江町、富岡町、双葉町及川俣町
2013 年 8 月 7 日	川俣町
2014 年 4 月 1 日	田村市

表 2. 各區的相關定義

區域名稱	相關定義
警戒區	東京電力福島第一核電廠半徑 20 公里以內地區。
計畫性避難區	事故發生後 1 年內居民遭受曝露劑量超出 20 毫西弗地區。
避難指示解除準備區	• 整年累積劑量 20 毫西弗以下地區。 • 可行車經過、居民短暫返家或恢復重新營業（禁止留宿）。
居住限制區	• 整年累積劑量有可能超過 20 毫西弗地區。 • 除了行車、居民短暫返家與基礎設施重建可進入本區，儘量避免不必要、不緊急的進入。
返回困難區	• 目前整年累積劑量超過 50 毫西弗地區。 • 要求徹底疏散避難，另一方面儘量考慮到居民的需求，可開放臨時進入。

離開了令人感觸良多的四倉海水浴場，接著搭火車前往離福島第一核電廠最南端的車站──竜田站。途中看到海邊不少地方在施工，應該也是在進行防波堤的工程吧。接下來到了竜田站，離福島第一核電廠約20公里，輻射值並沒有上升，跟出發的郡山車站相同（圖10），所以在實際走訪離福島第一核電廠最南端的車站後，發現當地的輻射值跟一路上所經過地區的輻射值差不多，都在背景輻射值範圍內，並沒有比較高。

第3天：福島縣田村市與福島市

昨天去過了離福島第一核電廠最南端的車站，今天接著打算去離福島第一核電廠最西端的地方。從我國原能會的網頁[8]上可以查到福島縣避難區域的變化演進（表1），要注意的是用「修正的地點」是因為並非以市、村、町為單位直接整個開放，而是部分開放，所以實際上要以公布的地圖為準。圖11是核災發生時的福島縣警戒避難區域概要圖，表2是各區的相關定義，圖12則是2014年4月1日公布的福島縣警戒避難區域概要圖。根據朝日新聞



圖 11. 核災發生時的福島縣警戒避難區域概要圖

報導，福島第一核電廠20公里疏散區的居民，繼2014年4月1日第一批田村市民返家後，在10月1日第二批川內村的居民也可以回家居住。

從圖12可以看出，目前離福島第一核電廠所開放最西端的地方是田村市的最西邊，所以我就搭火車沿著磐越東線到田村市的神俣車站，圖13左下方是在神俣車站測量的輻射值，右下方是旁邊的小公園設有輻射偵檢器，其數值和我的輻射偵檢器數值比較，數值會有不同是因為不同偵檢器對於能量的依存性不同。任何輻射偵檢器皆有能量依存性，即使相同形式的偵檢器，因其所使用的晶體不同，對於相同能量的反應也會不一樣，此現象在低劑量背景環境中更是明顯。所以兩者數值不同是正常現象，主要是兩者數值的差距是在可接受的誤差範圍（約正負20%）之內。

到了神俣車站後，才知道那邊除了火車之外，沒有其他大眾交通工具，要前往田村市的最西邊只能叫計程車，日本的計程車很貴，從神俣車站到最新開放的最西

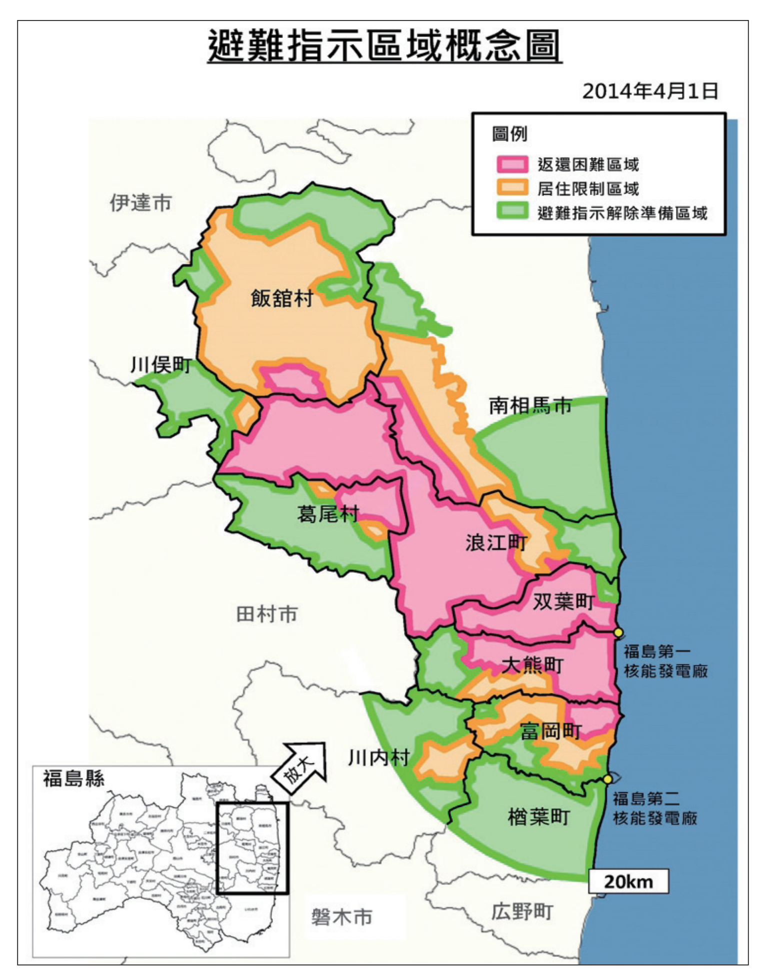


圖 12. 最新的（20140401）福島縣警戒避難區域概要圖

端——川內村，大概有22公里的路程（非直線距離，途中有座山，要繞山路過去），計程車費來回要約15,000日幣，只好放棄前往最西端的計畫。不過神俣車站離福島第一核電廠直線距離約為35公里，這是搭大眾交通工具可以靠近福島第一核電廠最西端的距離了。

前往田村市最西邊的車資實在太貴，只好改成去田村市最有名的景點——星の村天文台和阿武隈鐘乳石洞。走在田村市的路上，感覺這是個被山包圍的世外桃源，雖然有市區和房子，但是一路上都看不到行人，只有車子在馬路上奔跑，偶而會跟車內的駕駛眼神交會，感覺他們都一副「怎麼會有一個觀光客樣子的人在路上走」的表情，因為那邊真的太偏僻了。往山的方向遠遠看去，可以看到山頂上有一些風機。上網查資料發現那是在田村市的桧山高原上有14座2MW的風力發電機，年發電量約6,400萬度電，也是當地的景



圖 13. 田村市神俣車站的輻射值





圖 14. 田村市區與星の村天文台附近的輻射值

點之一。

1個小時過後，終於走到星の村天文台和阿武隈鐘乳石洞，圖14左邊是田村市區的輻射值，右邊是星の村天文台附近的輻射值，右邊數值較高的原因，我想是因為海拔較高，當地的海拔是641公尺。不過輻射值是在自然背景輻射範圍內，並不值得擔心。

當初被劃分為緊急避難準備區域的田村市，在附近的商店發現這裡出產的天然水非常有名，在日本國內和國外都頻頻獲獎，用田村市天然水泡出來的咖啡也非常有名。田村市當地出產的「北醇」葡萄酒是用當地的天然水釀造，另一特色是放在鐘乳石洞內窖藏，因為鐘乳石洞裡的環境恆溫恆濕，原理有點類似台灣的八八坑道





圖 15. 福島車站裡的輻射值及觀光物產展示



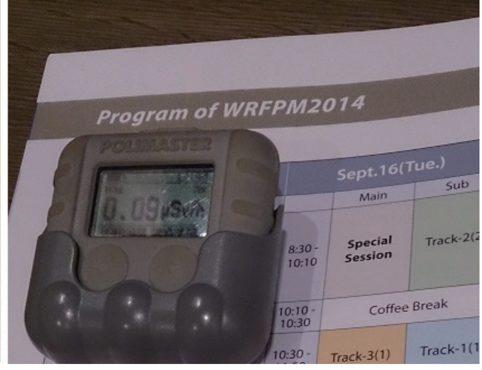


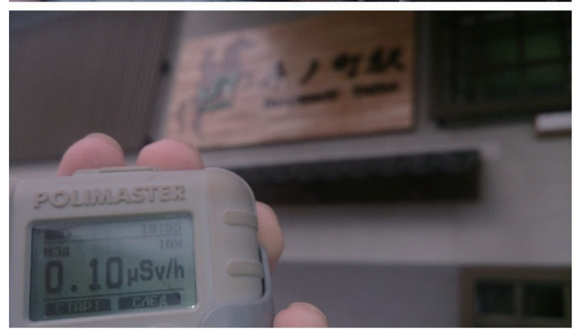
圖 16. 仙台市的輻射值

高粱是放在坑道內窖藏。有些人說福島的食品、地下水都受到汙染、都不能吃，這根本是天大的笑話，我實際走訪後發現，該地所出產的天然水、咖啡和葡萄酒可都是知名特產。

離福島第一核電廠所開放最北端的車站是「原ノ町站」，要從福島縣北邊的仙台市搭火車沿著常磐線往南走才能到原ノ町站，在福島縣內反而沒有大眾交通工具可以到達。所以我就準備到仙台市，途中會經過福島市，當然不會過福島市而不入，今天晚上就是安排住在福島市內。

圖15是福島車站裡的輻射值及觀光物產展示，可以看出輻射值在背景輻射範





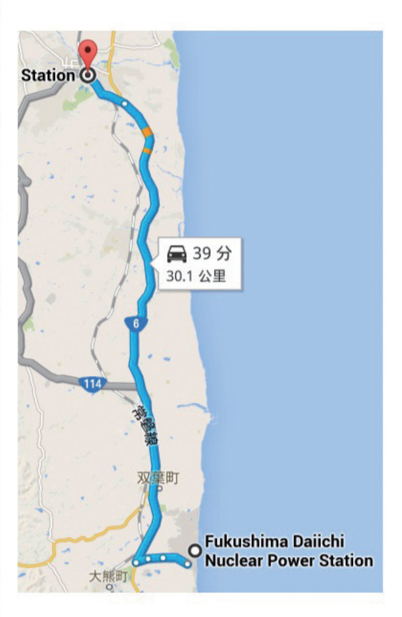


圖 17. 相馬站和原ノ町站的輻射值以及原ノ町站離福島第一核電廠的距離

圍內。福島縣除了「北醇」葡萄酒還有出產其他種類的酒，並且連續2年得到日本金賞獎。福島車站裡有面巨大的觀光迎賓牆，是由一張張當地人的微笑照所拼湊而成，讓人感到福島美好的一面。福島車站裡還有再生能源情報館，簡單介紹風能和太陽能的原理，以及福島縣的再生能源情況與目標。福島縣目前再生能源發電量占比約20%，主要是水力和地熱，未來會大力發展太陽能和離岸風機，目標是在2040年再生能源發電量占比達100%。

第4天與第5天：仙台市

今天前往仙台市參加2014年反應爐燃料性能會議（WRFPM）會議，圖16左邊是仙台車站的輻射值，右邊是在仙台國際會議中心開會時的輻射值，可看出都在背景輻射值內。在會場內，跟一位日本人聊天，他說福島核災發生時，仙台地區的輻射值也有受到影響而上升，過幾個月後才又降回背景輻射值。另外，會議也有一場報告提到福島第一核電廠的現況，廠內的輻射值仍是背景輻射值的數百倍，要完全回復正常還需要好長一段時間。

第6天：原ノ町站

今天是會議的最後一天，趁著下午有空的時候我從仙台站出發前往離福島第一核電廠最北邊的原ノ町站。本來是可以沿著常磐線一路坐到原ノ町站，但是在311震災時，常磐線有20多處車站遭海嘯沖毀，路基完全流失。當時甚至有在行駛中的火車直接被海嘯襲擊而摧毀，因此JR東日本計畫將部分路段改線，往較內陸地

區遷移。很不幸地，仙台站和原ノ町站中間的亘理站到相馬站這一段就是要向內陸地區遷移的部分，所以當天我是從仙台站沿著常磐線坐到亘理站，然後坐接駁巴士到相馬站，再坐常磐線到原ノ町站。這比起原來坐常磐線直達的時間要整整多出約50分鐘，真是苦了那些通勤的學生和上班族。圖17可以看出原ノ町站的輻射值比相馬站高出一些，但是仍在自然背景輻射範圍內。原ノ町站離福島第一核電廠的距離約30公里，不像最南端的竜田站是距離約20公里，主要原因是鐵路要往內陸遷移而非輻射的緣故。

結論

1.一個正確的觀測，需要正確的儀器、正確的操作方式加上正確的解讀數據方式。在測量背景輻射時，所用的儀器應該只量γ射線並要定期校正；離地面的距離大約1公尺，單點多次測量的結果要取平均值而非最高值，這樣測量出來的數據才是正確的資訊。

2.這次帶著輻射偵檢器去距離福島第一核電廠幾個大眾交通工具可以到達、已開放的最近地點，並與當地輻射偵檢器相比較可發現，兩者所量到的輻射值都相近，都是在自然背景值內，也證實日本當地輻射偵檢器沒有捏造數據。不過這次走訪地點和時間都有限，福島縣內的輻射值還是建議以日本官方的輻射監測網頁[9]為準。

3.福島縣內的食物並非像網路和媒體上的流言般不能食用，在福島當地、仙台或是東京的超市內都可以發現產自福島的食物，我本人也買來吃過。另外，目前來自日本福島的食品，只要拿到日本東北農政局的ANNEX安全證明[10]，就可以出口到新加坡、韓國、中國、俄羅斯、歐洲自由貿易聯盟成員國，由此可知，日本福島食品的安全性也漸漸被國際間所認可。

（本文作者為國立清華大學核子工程研究所研究助理）

參考資料：

1. https://www.youtube.com/watch?v=sUDn6FGk-40
2. http://global.rakuten.com/zh-tw/store/luxelstore/item/polimaster_pm1610/
3. http://www.st-c.co.jp/air-counter/measure/measure_001.html
4. http://pansci.tw/archives/57033
5. http://zh.wikipedia.org/wiki/%E7%A6%8F%E5%B2%9B%E5%8E%BF
6. http://www.tif.ne.jp/lang/tc/
7. http://www.tif.ne.jp/jp/sp/yaesu/
8. http://www.aec.gov.tw/
9. http://fukushima-radioactivity.jp/
10. http://www.maff.go.jp/tohoku/kihon/yusyutu/file/syoumeisyo_all.html

潘朵拉的承諾──核電啟示錄紀錄片觀後感

文・張濬麟

不同於以往擁核的人拍擁核的影片，或反核的人拍反核的影片，潘朵拉的承諾這部影片敘述的是由原本反核的人倒戈擁核的故事，他們立場轉變的原因。在進行這部影片的評析前，我想先來談談溝通這件事。

以往科技專業在進行社會溝通的方式，幾乎都是堆出許多的資料和論述，試圖在解釋眾多疑慮之後，為大家提出承擔可能風險最小的選擇。對工程師來說，我們習慣在眾多的考量因素中，一步一步的去分析利弊得失，並且不帶情感加權，平等的對待每一個所可能面對的風險，尋求所謂的最佳解答。這樣的決定模式有助於在客觀立場下，建構出一套對議題完整的認識，做出來的決定也會比較周全，但這也衍伸出巨大的盲點。諷刺的是，這個盲點就源自於我們的思維模式。

所有的社會議題都是如此，能夠真正了解一個議題的全貌，並且能夠提出一套自己權衡標準的，絕對是少數。就一般社會大眾而言，真正影響大眾對議題的看法，或是否認同某一個觀點，很大一部分來自個人的主觀認知跟感受。

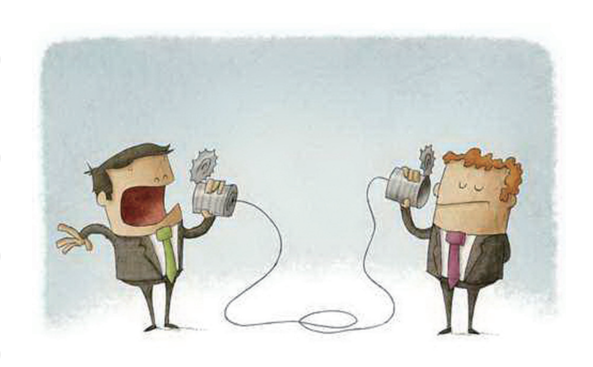
並不是每個人對各種風險的威脅認知都相同，這不代表他們不理性，只是每個人對於威脅的主觀判定不同。主觀的判定一部分是來自於對客觀事實了解的程度，但還有很大一部分是對於客觀事實的信任。而信任這件事情，本身就牽涉了強烈的主觀判斷，什麼人是可以信任的，什麼訊息是可以相信的，什麼人是真正為自己著想的；也就是說資訊的正確度和專業度，並不是社會大眾評斷是否相信一項論述的唯一考量，更多時候甚至不是首要考量，這種思維模式和我們工程師全然不同。因此當我們在台上滔滔不絕的講述一些我們認為是正確的訊息，卻總是因為台下提出的無厘頭問題感到很抓狂。

澄清問題真的能改變大家對於原本議題的看法嗎？我們能做的是解釋我們所認為正確的資訊，但真正重要的是讓社會大眾認為我們的資訊是正確的。所以在溝通的模式，以及談論事情的態度上勢必要做出修正，不然我們總是花費許多的力氣，但卻沒有真正的把話說到對方的心坎裡。

首先，在工程師的世界中並不存在

信任，我們只有事實和非事實，但這種分類並不是一般社會大眾在斷定是否相信一件事實的唯一標準；事實上我們對事情的判斷基準，往往都是來自於我們的生活場域和經驗。以理工和工程的角度來說，我們的權衡模式是去分析，做這項決定所會遭遇到的問題，在經過一些措施處理後，試圖降低問題發生的風險，在分析完成需要承擔的風險，以及可能獲得的收益後，如果利大於弊，我們才可能去執行。

然而社會大眾的視角是不同的，首先大家因為不清楚或是聽不懂，問題經過處理後，真正需要承擔的風險為何。所以大家對於風險的認知很容易就會跟核災連結在一起，尤其是福島事件超越原本預期的安全防護，加上眾多原因使得意外發生，更是加深社會對於核安的不信任感。而且人民對於政府施政的信任度向來都不高，對於官方的認證也常半信半疑，所以社會大眾對於官方訊息的接受度本來就比較差。正因為如此，我們在跟社會對話的時候，比起澄清大家的問題，終結外界的流言，更重要的應該是撫慰大家的恐慌。



這裡的用詞使用「撫慰」而不是說「消除」，是因為我們在姿態上，並不適合用上對下的「掃盲式」宣達，一種「你們會害怕就是因為你們不了解，先好好念過書再來談吧。」當我們無形之中對於大家提出的問題感到蔑視，或是說起話來長篇大論，把聽話的一方排除在對話當中，沒有去理解大家心中的焦慮或是擔心的心情，是沒有辦法和社會產生共鳴的，沒有共鳴就不容易產生認同，對於訊息的接收度或影響力自然也就大打折扣。

對此我建議話要說得簡短且直觀，簡短是因為社會大眾不可能完全記得我們所說的所有資訊，當我們說了3分鐘，大家可能記得2分鐘，當我們說了10分鐘大家可能只記得1分鐘，而當我們說了30分鐘，大家可能就什麼都不記得了。花了很多時間卻得到更差的效果，很不划算。

事實上訊息全不全面其實不是最重要的，重要的是大家能不能把最重要的概念帶回家。而直觀的論述在於不是靠複雜的分析就能進行判斷，在資訊爆炸的年代，要分辨哪些資訊是正確、哪些是錯誤很困難，直觀的論述代表大眾能夠自行產生判斷，而且容易讓大家理解訴求是什麼。當大家能夠從自己的口中或是自己的思考中得出自己的結論時，這樣才算是做到真正的溝通。

回到潘朵拉的承諾影片上，這部影片的演員和訴求都很有看點，訴求大轉變是因為經歷什麼樣的心境耐人尋味。然而這部影片呈現的手法，並不在於強

調他們如何「大澈大悟」，整部影片花在呈現反核論述和反核心境的時間，幾乎不亞於花在呈現心境轉變的時間。

一開始的片段，也全是在呈現反核的觀點，並不是馬上就先跳入經濟衝擊、能源需求、碳排汙染等議題；雖然這些相當重要，不過避免了在影片一開始，就和台下觀眾產生對立。例如直擊福島地區，感受當地居民對孩子的憂心；尤其是視察福島時，拍攝人員問：「看到這幅景象你現在還支持核能嗎？」他回答說：「讓我過幾天再回答吧。」讓我們真實的看到科學工作者並不是冷血無情，而是在眾多考量下，即便深切的感受衝擊，仍然做下自己的決定，讓擁核的人從一群打高空、沒血沒淚的形象，變成有人性實感的人民。

本片呈現核電優勢的方式比較零散和破碎，但對於輻射問題呈現的效果是成功的；用輻射計量器走透透的方式，直觀的展現出這個議題，並直接去訪問車諾比當地的居民，讓大家能夠真正的安心。其實讓大家放心的不是他說的內容，而是因為說話的是一位和藹單純的主教，不是西裝筆挺的政府官員。

整部作品對於未來現實層面的想像，非常的生動，用直觀的論述先告訴大家能源需求將不可避免的成長，而再生能源很難真的迎頭趕上，有效的傳遞出複雜的訊息。但是比較可惜的是，花在呈現反核立場轉為擁核，其中心境和解釋稍嫌單薄。

雖然某種程度上大家會害怕核能的確是因為對核能不了解，但是身為這部紀錄片的主要賣點之一，呈現稍微不理想，難以跳脫害怕核能是因為大家不理解的窠臼，也沒有往更高一層的價值層面，去提升核電的層次。在呈現核能利弊上結構鬆散，沒有核心立論，變成整部影片樣樣通、樣樣鬆。所以我認為以這部影片想要得出任何關鍵性的論述效果都很有限，但不可否認在某些面向的呈現手法很新穎，也成功。

這些要求聽來也真是嚴苛，社會溝通這件事情在我們的求學生涯中，一直不是我們會接觸到的，然而時至今日核電爭議卻迫使我們要走入群眾，與社會作溝通。看到教授們在台上力挽狂瀾，但是卻無法得到台下的支持覺得心疼；如果說幫助社會大眾充實知識這部分需要加強，那麼思維模式和呈現手法就是我們需要改進的部分。

任重而道遠，願共勉之。

（本文作者為國立清華大學工程與系統科學系大四學生）



日本川內核電廠獲得地方政府同意可重新啟動

文・編輯室

2014年11月7日，日本鹿兒島縣知事同意川內（Sendai）核電廠重啟案，確定已走完「獲地方同意」的手續，正式獲得核電廠所在地政府的核可。這是日本申請重啟的13座核電廠中，首獲地方自治體同意的案例。

知事伊藤祐一郎（Yuichiro Ito）在記者會上表示，當局在「通盤考量各種情況」後，九州電力公司旗下的川內核電廠2個反應爐都獲准重啟。

根據日本媒體報導，位於鹿兒島縣薩摩川內市的川內核電廠正在進行辦理重啟手續，10月28日薩摩川內市召開臨時議會以19票贊成、4票反對與3票棄權的表決結果，同意川內核電廠重啟，鹿兒島縣知事伊藤祐一郎隨後於11月7日表示同意機組的重啟。

由於九州電力公司還需完成必要的文書工作和現場操作檢查等安全審核，川內核電廠最快要等到2015年初才能正式重啟，然而地方政府同意重啟的決定成為日本未來核能發展重要的轉折點，也等於是支持核能的安倍政府一大勝利。

九州電力公司曾經表示，重啟川內核電廠2座反應爐，每年將可減少2,000億日圓（約560億新台幣）的化石燃料購買成本。

川內1、2號機都是890百萬瓦的壓水式反應爐，分別於2011年5月與9月定期停機大修之後就暫停運轉，當時執政的日本民主黨決定「所有暫停的反應爐，必須經過進一步的壓力測試評估才能重新啟動。」


▲日本川內核電廠 2 座機組

接下來九州電力公司將完成各項法定程序，包括工作計畫、運轉安全方案和發電前檢查等，為正式啟動運轉作好充分的準備。

資料來源：

1. 2014/10/28, NucNet, http://www.nucnet.org/all-the-news/2014/10/28/green-light-from-local-assembly-for-first-restart-in-japan
2. 2014/11/07, Atoms in Japan, http://www.jaif.or.jp/english/news_images/pdf/ENGNEWS01_1415340828P.pdf
3. 2014/11/07, 中央廣播電台，https://tw.news.yahoo.com/%E9%B9%BF%E5%85%92%E5%B3%B6%E7%B8%A3%E7%9F%A5%E4%BA%8B%E6%89%B9%E5%87%86-%E5%B7%9D%E5%85%A7%E6%A0%B8%E5%BB%A0%E5%8F%AF%E9%87%8D%E5%95%9F-062000800.html

美國核管會通過的廢棄物管理法遭到質疑

文・編輯室

美國核能管制委員會（NRC）最近批准了反應爐停機後用過核燃料貯存的最終條例，有3個州都提出了法律上的挑戰。紐約州、佛蒙特州和康乃狄克州的請願書聲稱，該條例違反聯邦環境法。

向美國哥倫比亞特區上訴法院所提出的質疑，是聚焦在10月20日生效的核管會對用過核燃料繼續貯存的最終條例——通常稱之為「核廢棄物信心」法規。請願書另外還質疑該最終條例支持「通用環境影響聲明（GEIS）」，以及核管會解除因受到GEIS所影響，而暫停核發最終許可執照申請的禁令，這也在10月20日生效。請願書提交到3個州的總檢察長，要求法院駁回，送回核管會修改，並發布新的GEIS。

請願者認為，用過核燃料貯存條例與GEIS，不符合美國國家環境政策法（NEPA）的要求，和各種聯邦法院對放射性廢棄物與意外事故的判例也不一致。這3州也對廢棄物貯存條例的早期版本提出訴訟，導致2012年6月法院作出的裁決結果，對請願者有利。

紐約州總檢察長施奈德曼（Eric Schneiderman）提到，之前法院判決一份請願書時發表了聲明，「2012年，我們獲得了聯邦法院具有里程碑意義的裁決，要求核管會到存放高放射性廢棄物的核電廠，執行有關長期、全面而詳細的風險評估」。他說，「不過，面對此一裁決，核管會的確有負起責任，但是卻聚焦在無關環境、公眾健康、安全等風險的議題上。」

佛蒙特州總檢察長索雷爾（William Sorrell）呼應施奈德曼的話，「我們會回到法庭，以確保核管會遵守其法律義務。」

更新後的廢棄物貯存條例建立一個管制框架，用過核燃料可以在核電廠內貯存長達60年，等待最終處置場接收。沒有核廢棄物信心法規，核管會無法發出新電廠或現有反應爐延役的最終許可執照，這可能會影響所有運轉中、關閉或尚未興建的核電廠。

9月下旬，17個美國環保組織聯合提交了一份請願書給核管會，要求在沒有核廢棄物信心法規的情況下暫停核發反應爐執照，向法律行動邁出「第一步」。

資料來源：

2014/10/28, World Nuclear News, http://www.world-nuclear-news.org/WR-States-challenge-NRC-waste-rule-2810147.html

捷克開始進行最終處置場場址的研究

文・編輯室

捷克環境部已批准，在7個候選場址為高放射性廢棄物的最終處置場開始進行初步地質調查。

環境部已經發出許可證給放射性廢棄物最終處置場管理局（Radioactive Waste Repository Authority，SURAO），只在場址進行地質調查工作的初始階段。將利用非侵入性方法，進行地表與近地表的測量、岩石探測、數據蒐集以及採集岩石的樣品。

SURAO說，決定一旦生效，有關場址的地質調查準備工作將開始，選擇承包商的過程也已在進行中，使調查工作能夠盡快啟動。「地質工作計畫與現有資料和數據的審查，將先在場址內開始準備工作。」

候選場址包括：維索基納州的Horka（Budisov）與Hradek（Rohozna）；南波希米亞地區的Cihadlo（Lodherov）與Magdalena（Bozejovice）；比爾森州的Brezovy potok（Pacejov）；在比爾森和拉貝-NAD-烏斯季地區的Certovka（Lubenec）。而南波希米亞地區的Boletice前軍事區也正在考慮之中。

雖然這些候選城市是自願參加選址的程序，從10月23日環境部的決定之日起，15天內還是可以針對許可提起上訴。

SURAO指出，在相關地區內的40個社區將有權要求每年大約7,200萬捷克幣（約新台幣1億元）的補償，補償款在整個調查期間內將會持續支付。

SURAO的常務董事Jiri Slovak說：「在整個調查期間，SURAO將按照捷克法律，讓社區參與有關監測的工作，並對調查活動保持充分的了解。根據相關立法，社區有對流程提出意見與干涉的權利。」他補充說：「我們相信，這個程序可以讓所有的候選城市接受。」

SURAO說，最終處置場位置「將根據詳細的地質調查、全面性的技術與經濟研究，以及潛在環境影響和社會經濟分析有關的研究來做出選擇。」

捷克最終處置場的建造，深度大約500公尺，預計2050年開始，2065年運轉。SURAO說，「根據需要處置的廢棄物數量，和最終處置場的設計來看，處置場的地下坑道可能會有涵蓋數平方公里的面積。」

資料來源：

2014/10/28, World Nuclear News, http://www.world-nuclear-news.org/WR-Site-studies-to-begin-for-Czech-repository-2810144.html

核能新聞

文・編輯室

國外新聞

俄羅斯與伊朗簽署協議，將新建8座反應爐

伊朗官方的伊斯蘭共和國通訊社（IRNA）說，俄羅斯與伊朗簽署了在伊朗建設多達8個新反應爐的協議。

報導指稱，伊朗原子能組織（Atomic Energy Organisation of Iran, AEOI）與俄羅斯聯邦原子能企業（Rosatom）在莫斯科簽署協議，該協議提供在現有的布什爾（Bushehr）核設施立即建造新的VVER反應爐，隨後可能還有2個以上的機組；另外在伊朗的另一個廠址還有4個類似的機組，不過該廠址目前尚未命名。

俄羅斯將生產這幾座核電廠整個運轉期間所需的核燃料，用過核燃料則送回俄羅斯再處理與貯存。俄羅斯表示，將協助伊朗培訓核電廠運轉、工程技術支持、管制與輻射安全方面的專家。

這兩個國家也將著眼於在伊朗製造燃料棒組件的「權宜之計和可行性」，到時用在這些計畫中的機組。

伊朗原子能組織發言人說，期望前2個伊朗新反應爐在2014年底動工，5至7年間完成。

該協議是在2013年9月商轉的布什爾1號機旁，先建造2個由俄羅斯供應的VVER V-446壓水式反應爐；該協議還包括興建2座海水淡化廠。

布什爾核電廠位在伊朗波斯灣西南部，廠區範圍可容納4個反應爐。

2014/11/11, NucNet News_No.355

中國福清1號機月底發電

經過6年的建設，目前福建省福清電廠1號機即將併網發電，預計11月底可商轉；2號機已完成安裝階段，進入測試階段，計畫2015年裝填燃料、商轉；3號機目前處於安裝階段，預計2015年9月裝填燃料，2016年2月商轉；4號機組主體已完成土建工程，進入安裝階段，預計於2017年3月商轉。

2020年6座機組全部完工後，福清電廠年發電總量可達450億度，預計年產值170億元人民幣。可帶動當地GDP增加近4,000億元人民幣，增加近3萬個工作機會。從此，福建有1/3的電力將來自於清潔的核電。

據瞭解，中國國家能源局近日同意福清核電廠5、6號機工程調整為「華龍一號」技術方案，中國對該技術擁有完整自主智慧財產權，這表示第一個完全中國製造核電專案正式落腳在福建。此外，福清5、6號機工程可望在2014年底前動工，2020年商轉。

國家能源局表示，為推動福清5、6號機前期工作順利展開，儘快驗證中國自主第三代核電技術，同意該工程採用融合後的「華龍一號」技術方案，建設大陸示範工程。還強調，要堅持安全是核電的生命線，採用國際最高安全標準，確保萬無一失。

華龍一號是中核集團與中國廣核集團，採用目前最高安全標準所研發設計的第三代核電機型，其安全和性能指標達到國際第三代核電技術的水準，同時擁有完整的自主智慧財產權。

2014/11/11，北極星電力網

中國紅沿河 3 號機完成首次臨界

中國核能行業協會表示，東北遼寧省紅沿河電廠3號核電機組達到首次臨界。

中國設計的第二代CPR-1000壓水式反應爐（PWR）於10月27日達到臨界，中國核能行業協會表示所有參數都正常、合理。該機組目前正進行物理測試，以驗證反應爐芯以及儀表與控制（I&C）系統的性能。

下一個步驟是啟動二次側的渦輪機組，並測試是否能以全速運轉。

紅沿河有兩個機組在商轉，兩個正在建設中，都是中國國內設計的CPR-1000。紅沿河1、2號機於2013年6月和10月開始商轉；3、4號機於2009年3月和8月開始建設。

根據國際原子能總署（IAEA）的動力反應爐資訊系統（Power Reactor Information System，PRIS）數據庫的統計，中國有22個核電機組投入商轉，27個在建設中。

2014/10/29, NucNet News_No.347

歐盟：法國廢棄物處理設施不會成為其他成員國的威脅

歐盟委員會表示，在法國南部馬庫勒（Marcoule）ASN處置場的王冠（Diadem）貯存設施內處理放射性廢棄物，不會導致另一個成員國顯著的放射性污染，甚至在發生事故的情況下也不會。

歐盟在網上公布的一份文件中表示，上述的設施和義大利之間的距離大約170公里。

文件內容指出：「在正常運轉狀況下，所排放的液態和氣態輻射量，不會造成另一個會員國人民的輻射曝露，從健康的角度來看顯而易見。」王冠設施將用於處理馬庫勒的鳳凰（Phenix）快中子反應爐的除役廢棄物。

鳳凰反應爐興建於1968年，是早期的型式、小規模的原型快中子反應爐，於1974年7月開始商轉，2010 年2月永久停機。

2014/10/28, NucNet News_No.345

歐盟宣布在氣候變化上達成里程碑協議

歐盟各領導人在氣候變化上達成「具有里程碑意義的協議」，亦即承諾到2030年時將減少溫室氣體排放量40%，達到1990年的水準。

他們還同意增加使用27%的再生能源、提高能源利用效率至少27%。歐洲理事會主席范龍佩（Herman van Rompuy）表示，此一協議兼有「宏大與平衡」。歐盟委員會主席巴羅佐（Jos Manuel Barroso）則說，這項協議對於能源安全而言至關重要。他說，2030年的承諾「就我們對抗氣候變化來說，是非常好的消息」，當談到削減溫室氣體排放時，全世界沒有其他領袖能比歐盟更為積極。

「藉由減少溫室氣體排放、增加再生能源至少27%、節約能源，可以降低我們從

不穩定或不可靠的供應國進口化石燃料的依賴」，他說。

2014/10/24, NucNet News, World Nuclear Review _No.43

中國方家山 1 號機達成首次臨界

中國核工業集團公司（CNNC）表示，浙江省方家山1號機完成首次臨界。

中核集團表示，中國設計的CPR-1000壓水式（PWR）機組在2014年10月21日當地時間14:52達到第一次臨界，中國國家核安全局是於10月20日批准機組進行臨界。9月1日，工作人員將157支燃料組件放入方家山1號反應爐爐心，歷時49個小時完成。

在方家山廠址有兩個興建中的CPR-1000反應爐，該廠址毗鄰現有的秦山核電廠-現有7個反應爐在商轉。

2014/10/22, NucNet News _No.338

歐盟：法國拆除聖洛朗電廠，無放射性風險

歐盟委員會表示，法國中部聖洛朗（St. Laurent）A核電廠，在除役的第一、第二階段所產生的放射性廢棄物，在處置過程中即使是發生事故，也不會導致其他成員國顯著的放射性污染。

歐盟表示，英國今天公布了一項聲明，在接到來自聖洛朗A電廠有關放射性廢棄物處置計畫的數據後，已依據歐洲原子能共同體條約（Euratom Treaty）的規定，進行評估。歐盟委員會表示，根據收到的數據，從水、土壤、空氣等健康的角度來看，法國的處置計畫不會產生放射性污染。

「從健康的角度來看，在正常的拆除作業過程中，液態和氣態排放物的排放不會造成另一成員國或是鄰國民眾的輻射曝露。」歐盟委員會說。

在獲得授權運送到法國境內的處置設施之前，放射性固體廢棄物將暫時貯存在廠區內。法國沒有計畫將放射性廢棄物送出國。

聖洛朗A核電廠位於盧瓦爾（Loire）河旁，距離奧爾良（Orleans）30公里，有兩個UNGG（Uranium Naturel Graphite Gaz）氣冷式反應爐機組。第一個於1969年開始商轉，1990年永久關閉；第二個於1971年商轉， 1992年永久關閉。

2014/10/20, NucNet News, News in Brief _No.335

歐盟公布能源的成本與補貼數據

歐洲委員會公布的一份報告顯示，2012年獲得公共補貼金額最高的能源是再生能源，其中最多的是太陽能（147億歐元）和陸上風力（101億歐元），其次是生質能（83億歐元）與水力（52億元）。

在歐盟的政府干預（government interventions）電力市場的中期報告指出，2012年傳統的發電技術中，燃煤獲得最多的補貼達101億歐元，其次是核能（70億歐元）和天然氣（約52億歐元）。該報告顯示，2012年，歐盟公共干預（public interventions）能源（不含運輸）的總金額約有1,200至1,400億歐元。

該報告比較各種發電技術的成本數字，計算範圍反映出新的發電能源（排除公共干預），稱為平準化（levelised）成本。電力平準化成本範圍從20歐元／度的水力，到200歐元／度的海上風電與生質能，核能與天然氣的電力成本約100歐元／度。

發出1度電的成本，從煤炭發電的75歐

元到陸上風電約80歐元。太陽能發電成本自2008年以來已經大幅下降，依照安裝的尺寸大小約100-115歐元／度。

這份報告的網址：http://ec.europa.eu/energy/studies/doc /20141013_subsidies_costs_eu_energy.pdf

2014/10/13, NucNet News_No.326

英國威爾發 1 號機獲准延役至 2015 年底

英國核能管制處（UK's Office for Nuclear Regulation，ONR）批准北威爾斯的威爾發（Wylfa）核電廠1號機可繼續運轉至2015年12月底。

威爾發1號機是目前全世界最後一個商轉中的鎂諾克斯（Magnox）鋁鎂鈹合金反應爐，原定2010年停機。鎂諾克斯有限公司是電廠運轉執照的擁有者，在2014年9月已提交定期安全審查報告（PSR），這是每隔10年就需要審查一次。

核能管制辦公室在審查報告時，必須確認威爾發1號機廠區目前正在進行的「進一步的工作項目」。

鎂諾克斯公司現在持續進行從威爾發2號機運送部分用過核燃料到1號機的規劃，以使鎂諾克斯反應爐計畫能圓滿結束。

2014/10/03, NucNet News, World Nuclear Review _No.40

芬蘭拒絕延長歐基盧歐圖 4 號機建廠執照申請

芬蘭政府在一份聲明中表示，已經拒絕Teollisuuden Voima Oyj公司（TVO）延長歐基盧歐圖4號機建造許可執照的申請期限。

2014年5月TVO公司請求申請期限能延長5年，因為歐基盧歐圖3號機並沒有如期運轉，TVO提出申請新的最後期限應該是2019年3月底，而TVO公司要到明年夏天才會提交歐基盧歐圖4號機建造許可執照的申請。TVO說歐基盧歐圖3號機的申請延誤，讓他們很難如期進行歐基盧歐圖4號機的興建計畫。3號機組是1,600百萬瓦EPR，由亞瑞華公司和西門子公司建造，目前進度已經落後9年左右。

TVO公司總裁兼執行長譚華（Jarmo Tanhua）在一份聲明中說，自2006年以來，TVO公司與芬蘭的股東在這個計畫投入了近1億歐元的資金，「我百思不得其解，在芬蘭做重大的工業投資，為什麼那麼難？」他說。

2014/09/26, NucNet News, World Nuclear Review_No.39

日本政府解除川內村的避難禁令

日本政府在福島事故後發布的避難命令，其中福島縣川內（Kawauchi）村於2014年10月1日起解除部分禁令，居民可以進入。而日本政府指定的全部避難區域，最終將會全部取消禁令。

繼2013年4月田村市後，川內村是第2個解除禁令的城市，相信不久之後限制在川內村居住的禁令也會取消。

2014/09/22, Atoms in Japan

國內新聞

我國「電力取得」指標，全球排名第 2 名

依據世界銀行10月29日公布的《2015經商環境報告》（Doing Business 2015）指出，2014年度「電力取得」（Getting Electricity）指標在全球189個經濟體中，台電公司進步7名獲得全球排名第2，台電公司的營運績效備受國際肯定。

2014/10/31，本刊訊

核四廠儀控系統通過安檢認證無須美國核管會審核

我國主管核能安全管制的機關是行政院原子能委員會，擁有獨立自主權；核四廠特殊安全儀控系統（ESF）的系統架構與設計都已通過原能會審查，並完成安檢測試，不須送交美國核能管制委員會審核。

台電因謹慎考量，曾要求設計廠家DRS公司送請美國核管會「協助」檢視，美國核管會於2009年初步檢閱後提出的相關意見，台電也已評估確認並無問題，相關說明如下：

一、核四廠特殊安全儀控系統是由奇異公司（GE）根據美國核管會核准的進步型沸水式反應爐（ABWR）規範設計，並由該公司重要合作夥伴DRS公司細部設計並供應硬體；該系統經執行硬體耐震及環境驗證，軟體部分也都依據美國法規執行驗證與確認。

二、我國核能主管機關為原能會，本案無須美國核管會審查或認證，台電因謹慎考量，曾要求DRS公司將核四廠特殊安全儀控系統設計送請美國核管會協助檢視，美國核管會於2009年執行先期審查並提出部分意見。針對美國核管會的意見，台電經過慎重評估確認並無問題。目前該系統的系統架構及設計已通過原能會審查，並順利完成安全檢測工作，測試結果均符合規範。

2014/10/28，本刊訊

核二廠 2 號機停機檢修　無輻射外洩

核二廠2號機於10月22日下午13時42分發現再循環水泵馬達A台故障，台電公司主動降載，於17時08分解聯停止發電來檢修故障的馬達。台電強調，無安全與輻射外釋的疑慮，並不影響系統供電。

台電表示，核二廠反應爐有2台再循環水泵，提供反應爐爐心功率控制。該馬達故障之前機組正常滿載穩定運轉，初步檢查可能是馬達的保護線路故障，該機組已停機進行檢修，預計23日傍晚恢復供電。

2014/10/22，本刊訊



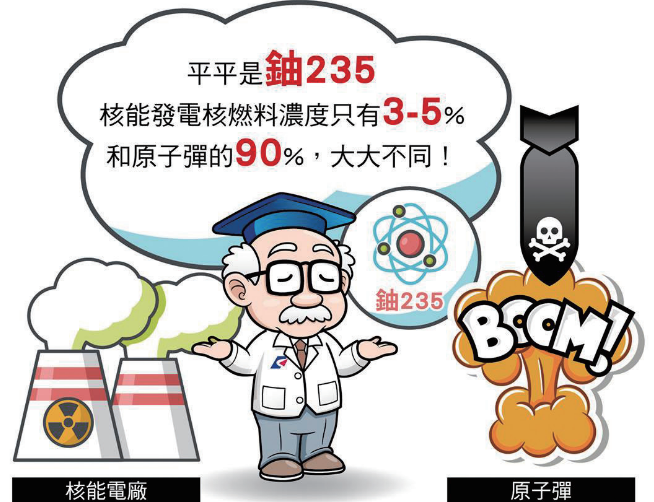
Q：核能發電與核子武器有何不同？

聽說
台灣有23萬顆原子彈核廢料
是不是**會核爆啊！**



放心！





另外，鈾235的濃度，
須**高度人工技術提煉**才能製造核子彈，
一般狀態下，濃度**不會提高**，
更不可能發生核爆。

別再相信台灣人坐在23萬顆原子彈上的謬論了！



Q：台灣會發生類似車諾比核災嗎？

覺得
核能好危險，
像**車諾比核災**
會不會在台灣發生啊？

不可能



鐵證 車諾比**為進行測試而關閉反應器保護裝置**，導致爆炸，
且電廠**沒有圍阻體**，導致大量輻射外洩。
我國核電廠**均有圍阻體**，並加裝排氣過濾系統，
不會發生類似的事故。



鐵證 車諾比使用**石墨反應爐**，溫度過高時容易起火，
也就是**「乾柴烈火，火上加油」**。
台灣使用**輕水式反應爐**，以水為冷卻劑，溫度過高時，
「水沸火熄，安全無虞」。









還有一件很重要的事實：
1986年4月26日，車諾比核子事故之後，
烏克蘭還**繼續運轉剩下的反應爐至2000年**。
如果有妥善的管理，核電廠還是**相當安全**的。

台灣核能應變與防護能力屬世界核能各國排名前段班，應給與支持與鼓勵。